

US 2003/0197793A1

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2002 年 7 月 18 日 (18.07.2002)

PCT

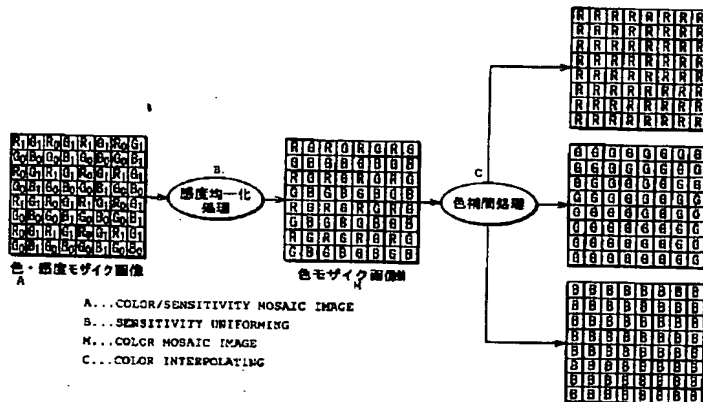
(10) 国際公開番号  
WO 02/056603 A1

- (51) 国際特許分類: H04N 9/07  
(21) 国際出願番号: PCT/JP02/00035  
(22) 国際出願日: 2002 年 1 月 9 日 (09.01.2002)  
(25) 国際出願の言語: 日本語  
(26) 国際公開の言語: 日本語  
(30) 優先権データ: 特願2001-978 2001 年 1 月 9 日 (09.01.2001) JP  
(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): ソニー株式会社 (SONY CORPORATION) [JP/JP]; 〒141-0001 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号 Tokyo (JP).  
(72) 発明者: および  
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 光永 知生 (MIT-SUNAGA, Tomoo) [JP/JP]; 〒141-0022 東京都品川区  
(54) 代理人: 稲本 義雄 (INAMOTO, Yoshio); 〒160-0023 東京都新宿区西新宿 7 丁目 11 番 18 号 711 ビルディング 4 階 Tokyo (JP).  
(81) 指定国 (国内): JP, US.  
(84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).  
添付公開書類:  
— 国際調査報告書  
— 補正書

[続葉有]

(54) Title: IMAGING DEVICE

(54) 発明の名称: 撮像装置



(57) Abstract: An imaging device capable of generating a color/sensitivity mosaic image that can be converted into a wide-dynamic-range color image signal by being subjected to a specified image processing. Light receiving elements of a CCD image sensor are disposed in a lattice form when a color G is marked regardless of sensitivity. They are disposed every other line when a color R is marked regardless of sensitivity, and are similarly disposed every other line when a color B is marked regardless of sensitivity. Therefore, this pattern P2 forms a Bayer configuration when the color of a pixel only is marked. A color mosaic configuration is realized by disposing an on-chip color filter on the top surface of a light receiving element in a CCD image sensor. A sensitivity mosaic configuration is realized by an optical method or an electronic method. This imaging device can be applied to CCD image sensors in digital cameras.

[続葉有]

WO 02/056603 A1

WO 02/056603 A1



2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

---

(57) 要約:

本発明は、所定の画像処理を施すことによって広ダイナミックレンジのカラー画像信号に変換可能な色・感度モザイク画像を生成することができる撮像装置に関する。

CCD イメージセンサの受光素子は、感度に拘わらず色Gに注目した場合、それらは格子状に配置されている。感度に拘わらず色Rに注目した場合、それらは1ラインおきに配置されている。また、感度に拘わらず色Bに注目した場合も同様に、1ラインおきに配置されている。よって、このパターンP2は、画素の色だけに注目すれば、ベイア配列をなしている。色のモザイク配列については、CCD イメージセンサの受光素子の上面に、オンチップカラーフィルタを配置することによって実現する。感度のモザイク配列については、光学的な方法、または電子的な方法によって実現する。本発明は、例えば、デジタルカメラに内蔵するCCDイメージセンサに適用することができる。

WO 02/056603

PCT/JP02/00035

## 明細書

## 撮像装置

## 技術分野

- 5 本発明は、撮像装置に関し、例えば、広ダイナミックレンジのカラー画像信号に変換可能な色・感度モザイク画像を生成する場合に用いて好適な撮像装置に関する。

## 背景技術

- 10 CCD(Charge Coupled Device)や CMOS(Complementary Metal-Oxide Semiconductor)等のような固体撮像素子が、ビデオカメラやデジタルスチルカメラ等の撮像装置、FA(Factory Automation)の分野における部品検査装置、およびME(Medical Electronics)の分野における電子内視鏡等の光計測装置に幅広く利用されている。

- 15 従来、固体撮像素子を用いた撮像装置および光計測機器のダイナミックレンジを向上させるために、画素毎に異なる感度で計測した光強度信号を合成する方法が知られている。以下、そのような第1乃至第4の従来方法について説明する。

- 第1の従来方法としては、光学的に複数の透過率の異なる光軸に分岐させた入射光をそれぞれの光軸上に配置させた固体撮像素子で計測する方法を挙げることができる。この方法は、特開平8-223491号公報等の開示されている。しかしながら、第1の方法では、複数の固体撮像素子および光を分岐させる複雑な光学系が必要となるので、省コスト化や省スペース化の面で不利である問題があった。

- 25 第2の従来方法としては、1つの固体撮像素子を用い、その露光時間を複数に分割して複数枚の画像を撮像した後、それらを合成する方法を挙げることができる。この方法は、特開平8-331461号公報等の開示されている。しかしながら、第2の方法では、異なる感度で計測された情報は異なる時刻に撮像された

WO 02/056603

PCT/JP02/00035

2

ものであり、かつ、異なる時間幅で撮像されているので、光強度が時々刻々と変化するような動的なシーンを正しく撮像できないという問題があった。

第3の従来方法としては、1つの固体撮像素子を用い、固体撮像素子の撮像面で互いに隣接する複数の受光素子を1組として、受光素子の1組を出力画像の1画素に対応させるようにし、1組を構成する複数の受光素子の感度をそれぞれ異なるように設定して撮像する方法を挙げることができる。この方法は、米国特許第5789737号公報に開示されている。固体撮像素子を構成する受光素子のそれぞれの感度を変化させる方法としては、各受光素子を透過率の異なるフィルタで覆う方法がある。また、特開2000-69491号公報には、第3の従来方法をカラー画像に適応する技術が開示されている。

第3の従来方法によれば、第1の従来方法において問題であった省コスト化や省スペース化の面で有利となる。また、第2の従来方法において問題であった動的シーンを正しく撮像できないことを解決することができる。しかしながら、第3の従来方法では、隣接する複数の受光素子を1組として出力画像の1画素に対応させるので、出力画素の解像度を確保するためには、出力画像の画素数の数倍の受光素子から成る撮像素子が必要であり、ユニットセルサイズが大きくなる課題があった。

第4の従来方法としては、通常のダイナミックレンジを有する撮像素子に、出力画像の1画素に対応する1つの受光素子毎、その露出が異なるような仕組みを施して撮像し、得られた画像信号に所定の画像処理を施して広ダイナミックレンジの画像信号を生成する方法を挙げることができる。受光素子毎の露出が異なるような仕組みは、受光素子毎に光の透過率や開口率を変えたりすることによって、空間的な感度のパターンをつくることにより実現する。この方法は、文献「S.K. Nayar and T.Mitsunaga, "High Dynamic Range Imaging:Spatially Varying Pixel Exposures", Proc. of Computer Vision and Pattern Recognition 2000, Vol. 1, pp. 472-479, June, 2000」に開示されている。

第4の従来方法では、各受光素子は1種類の感度だけを有する。よって、撮像

WO 02/056603

PCT/JP02/00035

3

- された画像の各画素は本来の撮像素子が有するダイナミックレンジの情報しか取得することができないが、得られた画像信号に所定の画像処理を施し、全ての画素の感度が均一になるようにすることによって、結果的にダイナミックレンジが広い画像を生成することができる。また、全ての受光素子が同時に露光するので、
- 5 動きのある被写体を正しく撮像することができる。さらに、1つの受光素子が出力画像の1画素に対応しているので、ユニットセルサイズが大きくなる問題も生じない。

- 上述したように、第4の従来方法は、第1乃至第3の従来方法の問題を解決することが可能である。しかしながら、第4の従来方法は、モノクロ画像を生成すること
- 10 ることを前提としたものであり、カラー画像を生成することについては、その技術が確立されていない課題があった。具体的には、画素毎に色や感度が異なる画像から、全ての画素について、全ての色成分の画像信号を生成し、かつ、感度を均一化する技術は従来確立されていない課題があった。

15 発明の開示

本発明はこのような状況に鑑みてなされたものであり、所定の画像処理を施すことによって広ダイナミックレンジのカラー画像信号に変換可能な色・感度モザイク画像を生成できるようにすることを目的とする。

- 本発明の第1の撮像装置は、光電変換手段は、同一の色成分および感度特性を
- 20 有する複数の画素が格子状に配置され、かつ、感度特性に拘わらず、同一の色成分を有する複数の画素が格子状に配置された色・感度モザイク画像を生成することを特徴とする。

前記複数の色成分は、3原色成分であるようにすることができる。

- 前記光電変換手段は、色成分だけに注目した場合、ベイア配列をなす色・感度
- 25 モザイク画像を生成するようにすることができる。

本発明の第2の撮像装置は、光電変換手段は、同一の色成分および感度特性を有する複数の画素が格子状に配置され、かつ、色成分に拘わらず、同一の感度特

WO 02/056603

PCT/JP02/00035

4

性を有する複数の画素が格子状に配置された色・感度モザイク画像を生成し、色・感度モザイク画像の任意の画素と任意の画素の上下左右に隣接する 4 画素の合計 5 画素の中には、色・感度モザイクパターンに含まれる全ての色成分が存在することを特徴とする。

- 5 前記複数の色成分は、3 原色成分であるようにすることができる。

前記光電変換手段は、有する感度特性毎にペイヤ配列をなす色・感度モザイク画像を生成するようにすることができる。

- 本発明の第 1 の撮像素子は、同一の色成分および感度特性を有する複数の画素が格子状に配置され、かつ、感度特性に拘わらず、同一の色成分を有する複数の画素が格子状に配置された色・感度モザイク画像を生成することを特徴とする。

前記複数の色成分は、3 原色成分であるようにすることができる。

- 本発明の第 2 の撮像素子は、同一の色成分および感度特性を有する複数の画素が格子状に配置され、かつ、色成分に拘わらず、同一の感度特性を有する複数の画素が格子状に配置された色・感度モザイク画像を生成し、色・感度モザイク画像の任意の画素と任意の画素の上下左右に隣接する 4 画素の合計 5 画素の中には、色・感度モザイクパターンに含まれる全ての色成分が存在することを特徴とする。

前記複数の色成分は、3 原色成分であるようにすることができる。

- 本発明の第 1 の撮像装置においては、光電変換手段が、同一の色成分および感度特性を有する複数の画素が格子状に配置され、かつ、感度特性に拘わらず、同一の色成分を有する複数の画素が格子状に配置された色・感度モザイク画像を生成する。

- 本発明の第 2 の撮像装置においては、光電変換手段が、同一の色成分および感度特性を有する複数の画素が格子状に配置され、かつ、色成分に拘わらず、同一の感度特性を有する複数の画素が格子状に配置され、かつ、任意の画素と任意の画素の上下左右に隣接する 4 画素の合計 5 画素の中には、色・感度モザイクパターンに含まれる全ての色成分が存在する色・感度モザイク画像を生成する。

本発明の第 1 の撮像素子においては、同一の色成分および感度特性を有する複

WO 02/056603

PCT/JP02/00035

5

数の画素が格子状に配置され、かつ、感度特性に拘わらず、同一の色成分を有する複数の画素が格子状に配置された色・感度モザイク画像が生成される。

- 本発明の第2の撮像素子においては、同一の色成分および感度特性を有する複数の画素が格子状に配置され、かつ、色成分に拘わらず、同一の感度特性を有する
- 5 複数の画素が格子状に配置され、かつ、任意の画素と任意の画素の上下左右に隣接する4画素の合計5画素の中には、色・感度モザイクパターンに含まれる全ての色成分が存在する色・感度モザイク画像が生成される。

#### 図面の簡単な説明

- 10 図1は、本発明を適用したデジタルスチルカメラの構成例を示すブロック図である。
- 図2は、デジタルスチルカメラの動作の概要を説明する図である。
- 図3は、被写体の一例を示す図である。
- 図4は、図3に対応する色・感度モザイク画像の一例を示す図である。
- 15 図5は、色・感度モザイクパターンP1を示す図である。
- 図6は、色・感度モザイクパターンP2を示す図である。
- 図7は、色・感度モザイクパターンP3を示す図である。
- 図8は、色・感度モザイクパターンP4を示す図である。
- 図9は、色・感度モザイクパターンP5を示す図である。
- 20 図10は、色・感度モザイクパターンP6を示す図である。
- 図11は、色・感度モザイクパターンP7を示す図である。
- 図12は、色・感度モザイクパターンP8を示す図である。
- 図13は、色・感度モザイクパターンP9を示す図である。
- 図14は、色・感度モザイクパターンP10を示す図である。
- 25 図15は、色・感度モザイクパターンP11を示す図である。
- 図16は、色・感度モザイクパターンP12を示す図である。
- 図17は、色・感度モザイクパターンP13を示す図である。

WO 02/056603

PCT/JP02/00035

6

図 18 は、色・感度モザイクパターン P 14 を示す図である。

図 19 は、CCD イメージセンサ 4 の受光素子の断面を示す図である。

図 20 は、感度のモザイク配列を光学的に実現する方法を説明するための図である。

5 図 21 は、感度のモザイク配列を光学的に実現する方法を説明するための図である。

図 22 は、感度のモザイク配列を光学的に実現する方法を説明するための図である。

図 23 は、感度のモザイク配列を電子的に実現する第 1 の方法を説明するための図である。

図 24 は、感度のモザイク配列を電子的に実現する第 2 の方法を説明するための図である。

図 25 は、OR 型の電極構造を示す図である。

図 26 は、OR 型の電極構造の断面を示す図である。

15 図 27 は、AND 型の電極構造を示す図である。

図 28 は、色・感度モザイクパターン P 1 を実現する OR 型の電極構造と AND 型の電極構造の組み合わせを示す図である。

図 29 は、色・感度モザイクパターン P 2 を実現する OR 型の電極構造と AND 型の電極構造の組み合わせを示す図である。

20 図 30 は、色・感度モザイクパターン P 3 を実現する OR 型の電極構造と AND 型の電極構造の組み合わせを示す図である。

図 31 は、色・感度モザイクパターン P 4 を実現する OR 型の電極構造と AND 型の電極構造の組み合わせを示す図である。

図 32 は、色・感度モザイクパターン P 5 を実現する OR 型の電極構造と AND 25 型の電極構造の組み合わせを示す図である。

図 33 は、画素の位置座標の定義を説明するための図である。

図 34 は、第 1 のデモザイク処理の概要を説明するための図である。



WO 02/056603

PCT/JP02/00035

7

図 3 5 は、第 1 のデモザイク処理における第 1 の感度均一化処理の概要を説明するための図である。

図 3 6 は、第 1 のデモザイク処理における第 1 の感度均一化処理の概要を説明するための図である。

- 5 図 3 7 は、第 1 のデモザイク処理における第 1 の感度均一化処理の概要を説明するための図である。

図 3 8 は、第 1 のデモザイク処理における第 2 の感度均一化処理の概要を説明するための図である。

- 10 図 3 9 は、第 1 のデモザイク処理における第 2 の感度均一化処理の概要を説明するための図である。

図 4 0 は、第 2 のデモザイク処理の概要を説明するための図である。

図 4 1 は、第 2 のデモザイク処理における第 1 の感度均一化処理の概要を説明するための図である。

- 15 図 4 2 は、第 2 のデモザイク処理における第 1 の感度均一化処理の概要を説明するための図である。

図 4 3 は、第 2 のデモザイク処理における第 2 の感度均一化処理の概要を説明するための図である。

図 4 4 は、第 2 のデモザイク処理における第 2 の感度均一化処理の概要を説明するための図である。

- 20 図 4 5 は、画像処理部 7 の第 1 の構成例を示すブロック図である。

図 4 6 は、感度均一化部 5 1 の第 1 の構成例を示すブロック図である。

図 4 7 は、色補間部 5 2 の構成例を示すブロック図である。

図 4 8 は、色差画像生成部 7 2 の構成例を示すブロック図である。

図 4 9 は、輝度画像生成部 7 4 の構成例を示すブロック図である。

- 25 図 5 0 は、画像処理部 7 の第 1 の構成例による第 1 のデモザイク処理を説明するフローチャートである。

図 5 1 は、感度均一化部 5 1 の第 1 の構成例による第 1 の感度均一化処理を説

WO 02/056603

PCT/JP02/00035

8

明するフローチャートである。

図52は、ステップS11の感度補償処理を説明するフローチャートである。

図53は、ステップS12の有効性判別処理を説明するフローチャートである。

図54は、ステップS13の欠落補間処理を説明するフローチャートである。

5 図55は、ステップS2の色補間処理を説明するフローチャートである。

図56は、ステップS52の第1の色差画像生成処理を説明するフローチャートである。

図57は、ステップS53の輝度画像生成処理を説明するフローチャートである。

図58は、ステップS54の色空間変換処理を説明するフローチャートである。

10 図59は、感度均一化部51の第2の構成例を示すブロック図である。

図60は、感度均一化部51の第2の構成例による第2の感度均一化処理を説明するフローチャートである。

図61は、ステップS103の補間処理を説明するフローチャートである。

図62は、第2の色差画像生成処理を説明するフローチャートである。

15 図63は、ステップS123の画像勾配ベクトル演算処理を説明するフローチャートである。

図64は、画像処理部7の第2の構成例を示すブロック図である。

図65は、感度均一化部111の第1の構成例を示すブロック図である。

図66は、欠落補間部124の欠落補間処理を説明するフローチャートである。

20 図67は、感度均一化部111の第2の構成例を示すブロック図である。

図68は、感度均一化部111の第2の構成例による第2のデモザイク処理における第2の感度均一化処理を説明するフローチャートである。

図69は、ステップS163の補間色決定処理を説明するフローチャートである。

25 図70は、第3のデモザイク処理の概要を説明するための図である。

図71は、第3のデモザイク処理における感度別色補間処理の概要を説明するための図である。

WO 02/056603

PCT/JP02/00035

9

図72は、第3のデモザイク処理における感度別色補間処理の概要を説明するための図である。

図73は、画像処理部7の第3の構成例を示すブロック図である。

図74は、感度別色補間部151の構成例を示すブロック図である。

5 図75は、感度均一化部152の構成例を示すブロック図である。

図76は、画像処理部7の第3の構成例による第3のデモザイク処理を説明するフローチャートである。

図77は、ステップS181の感度別色補間処理を説明するフローチャートである。

10 図78は、ステップS193の抽出処理を説明するための図である。

図79は、ステップS193の抽出処理を説明するための図である。

図80は、ステップS182の感度均一化処理を説明するフローチャートである。

15 図81は、ステップS203の局所和算出処理において用いるフィルタ係数の例を示す図である。

図82は、画像処理部7の打14の構成例を示すブロック図である。

図83は、輝度画像生成部181の第1の構成例を示すブロック図である。

図84は、単色画像生成部182の構成例を示すブロック図である。

20 図85は、画像処理部7の第4の構成例による第4のデモザイク処理を説明するフローチャートである。

図86は、輝度画像生成部181の輝度画像生成処理を説明するフローチャートである。

図87は、推定部191のR成分推定処理を説明するフローチャートである。

図88は、R、B成分用補間フィルタ係数の一例を示す図である。

25 図89は、G成分用補間フィルタ係数の一例を示す図である。

図90は、合成感度補償LUTについて説明するための図である。

図91は、合成感度補償LUTについて説明するための図である。

WO 02/056603

PCT/JP02/00035

10

図92は、合成感度補償 LUT について説明するための図である。

図93は、ノイズ除去部198のノイズ除去処理を説明するフローチャートである。

5 図94は、ノイズ除去部198の方向選択的平滑化処理を説明するフローチャートである。

図95は、単色画像生成部182の単色画像生成処理を説明するフローチャートである。

図96は、比率値算出部202の比率値算出処理を説明するフローチャートである。

10 図97は、平滑化フィルタ係数の一例を示す図である。

図98は、輝度画像生成部181の第2の構成例を示すブロック図である。

図99は、推定部211によるRGB成分の推定処理を説明するフローチャートである。

図100は、推定画素値C0補間処理に用いる画素の配置を示す図である。

15 図101は、推定画素値C0補間処理を説明するフローチャートである。

図102は、推定画素値C1補間処理に用いる画素の配置を示す図である。

図103は、推定画素値C1補間処理を説明するフローチャートである。

図104Aは、推定画素値C2補間処理に用いる画素の配置を示す図である。

図104Bは、推定画素値C2補間処理に用いる画素の配置を示す図である。

20 図105は、推定画素値C2補間処理を説明するフローチャートである。

図106は、推定画素値C3補間処理に用いる画素の配置を示す図である。

図107は、推定画素値C3補間処理を説明するフローチャートである。

図108は、補間部201-RによるR候補画像生成処理を説明するフローチャートである。

25 図109は、補間部201-BによるB候補画像生成処理を説明するフローチャートである。

図110は、補間部201-GによるG候補画像生成処理を説明するフローチャートである。

WO 02/056603

PCT/JP02/00035

11

ャートである。

図111は、画像処理部7の第5の構成例を示すブロック図である。

発明を実施するための最良の形態

- 5 図1は、本発明の一実施の形態であるデジタルスチルカメラの構成例を示している。当該デジタルスチルカメラは、大別して光学系、信号処理系、記録系、表示系、および制御系から構成される。

光学系は、被写体の光画像を集光するレンズ1、光画像の光量を調整する絞り2、および、集光された光画像を光電変換して広ダイナミックレンジの電気信号  
10 に変換するCCDイメージセンサ4から構成される。

信号処理系は、CCDイメージセンサ4からの電気信号をサンプリングすることによってノイズを低減させる相関2重サンプリング回路(CDS)5、相関2重サンプリング回路5が出力するアナログ信号をデジタル信号に変換するA/Dコンバータ6、A/Dコンバータ6から入力されるデジタル信号に所定の画像処理  
15 を施す画像処理部7から構成される。なお、画像処理部7が実行する処理の詳細については後述する。

記録系は、画像処理部7が処理した画像信号を符号化してメモリ9に記録し、また、読み出して復号し、画像処理部7に供給するCODEC(Compression/Decompression)8、および、画像信号を記憶するメモリ9から構成される。

20 表示系は、画像処理部7が処理した画像信号をアナログ化するD/Aコンバータ10、アナログ化された画像信号を後段のディスプレイ12に適合する形式のビデオ信号にエンコードするビデオエンコーダ11、および、入力されるビデオ信号に対応する画像を表示することによりファインダとして機能するLCD(Liquid Crystal Display)等よりなるディスプレイ12から構成される。

25 制御系は、CCDイメージセンサ4乃至画像処理部7の動作タイミングを制御するタイミングジェネレータ(TG)3、ユーザがシャッタータイミングやその他のコマンドを入力する操作入力部13、および、ドライブ15を制御して磁気ディ

WO 02/056603

PCT/JP02/00035

12

スク 16、光ディスク 17、光磁気ディスク 18、または半導体メモリ 19 に記憶されている制御用プログラムを読み出し、読み出した制御用プログラム、操作入力部 13 から入力されるユーザからのコマンド等に基づいてデジタルスチルカメラの全体を制御する CPU (Central Processing Unit) などよりなる制御部 14 から構成される。

当該デジタルスチルカメラにおいて、被写体の光学画像 (入射光) は、レンズ 1 および絞り 2 を介して CCD イメージセンサ 4 に入射され、CCD イメージセンサ 4 によって光電変換され、得られた電気信号は、相関 2 重サンプリング回路 5 によってノイズが除去され、A/D コンバータ 6 によってデジタル化された後、画像処理部 7 が内蔵する画像メモリに一時格納される。

なお、通常の状態では、タイミングジェネレータ 3 による信号処理系に対する制御により、画像処理部 7 が内蔵する画像メモリには、一定のフレームレートで絶えず画像信号が上書きされるようになされている。画像処理部 7 が内蔵する画像メモリの画像信号は、D/A コンバータ 10 によってアナログ信号に変換され、ビデオエンコーダ 11 によってビデオ信号に変換されて対応する画像がディスプレイ 12 に表示される。

ディスプレイ 12 は、当該デジタルスチルカメラのファインダの役割も担っている。ユーザが操作入力部 13 に含まれるシャッターボタンを押下した場合、制御部 14 は、タイミングジェネレータ 3 に対し、シャッターボタンが押下された直後の画像信号を取り込み、その後は画像処理部 7 の画像メモリに画像信号が上書きされないように信号処理系を制御させる。その後、画像処理部 7 の画像メモリに書き込まれた画像データは、CODEC 8 によって符号化されてメモリ 9 に記録される。以上のようなデジタルスチルカメラの動作によって、1 枚の画像データの取り込みが完了する。

次に、当該デジタルスチルカメラの動作の概要について、図 2 を参照して説明する。当該デジタルスチルカメラは、CCD イメージセンサ 4 を中心とする光学系の撮像処理によって、被写体を画素毎に異なる色と感度で撮像し、色と感度

WO 02/056603

PCT/JP02/00035

13

がモザイク状になった画像（以下、色・感度モザイク画像と記述し、その詳細は後述する）を得る。その後、画像処理部7を中心とする信号処理系により、撮像処理によって得られた画像が、各画素が全ての色成分を有し、かつ、均一の感度を有する画像に変換される。以下、色・感度モザイク画像を、各画素が全ての色成分を有し、かつ、均一の感度を有する画像に変換させる画像処理部7を中心とする信号処理系の処理を、デモザイク処理とも記述する。

例えば、図3に示すような被写体を撮影した場合、撮像処理によって図4に示すような色・感度モザイク画像が得られ、画像処理によって各画素が全ての色成分と均一の感度を有する画像に変換される。すなわち、図4に示す色・感度モザイク画像から図3に示す被写体の元の色を復元する。

次に、色・感度モザイク画像を構成する画素の色成分および感度の配列パターン（以下、色・感度モザイクパターンと記述する）P1乃至P14を図5乃至図18に示す。なお、色・感度モザイクパターンを構成する色の組み合わせとしては、R（赤）、G（緑）、およびB（青）からなる3色の組合せの他、Y（黄）、M（マゼンタ）、C（シアン）、およびG（緑）からなる4色の組合せがある。感度の段階としては、S0およびS1から成る2段階の他、感度S2を追加した3段階や、さらに、感度S3を追加した4段階がある。なお、図5乃至図18においては、各正方形が1画素に対応しており、英文字がその色を示し、英文字の添え字として数字がその感度を示している。例えば、G<sub>0</sub>と表示された画素は、色がG（緑）であって感度がS0であることを示している。また、感度については数字が大きいほど、より高感度であるとする。

色・感度モザイクパターンP1乃至P14は、以下に示す第1乃至第4の特徴によって分類することができる。

第1の特徴は、同一の色および感度を有する画素に注目した場合、それらが格子状に配列されており、かつ、感度に拘わらず同一の色を有する画素に注目した場合、それらが格子状に配列されていることである。第1の特徴について、図5に示す色・感度モザイクパターンP1を参照して説明する。

WO 02/056603

PCT/JP02/00035

14

図5の色・感度モザイクパターンP1において、感度に拘わらず色がRである画素に注目した場合、図面を右回りに45度だけ回転させた状態で見れば明らかなように、それらは、水平方向には $2^{1/2}$ の間隔で、垂直方向には $2^{3/2}$ の間隔で格子状の配置されている。また、感度に拘わらず色がBである画素に注目した場合、それらも同様に配置されている。感度に拘わらず色がGである画素に注目した場合、それらは、水平方向および垂直方向に $2^{1/2}$ の間隔で格子状の配置されている。

第1の特徴は、図5に示す色・感度モザイクパターンP1の他、色・感度モザイクパターンP2, P4, P6, P8, P9, P10, P11, P13が有している。

第2の特徴は、同一の色および感度を有する画素に注目した場合、それらが格子状に配列されており、かつ、色に拘わらず同一の感度を有する画素に注目した場合、それらが格子状に配列されており、かつ、任意の画素に注目した場合、その画素とその上下左右に位置する4画素の合計5画素が有する色の中に、当該色・感度モザイクパターンに含まれる全ての色が含まれることである。

第2の特徴は、図7に示す色・感度モザイクパターンP3の他、色・感度モザイクパターンP5, P7, P8, P9, P12, P14が有している。

第3の特徴は、第1の特徴を有しており、さらに、3種類の色が用いられていて、それらがベイヤ(Bayer)配列をなしていることである。第3の特徴について、図6に示す色・感度モザイクパターンP2を参照して説明する。

図6の色・感度モザイクパターンP2において、感度に拘わらず色がGである画素に注目した場合、それらは1画素おきに市松状に配置されている。感度に拘わらず色がRである画素に注目した場合、それらは1ラインおきに配置されている。また、感度に拘わらず色がBである画素に注目した場合も同様に、1ラインおきに配置されている。したがって、このパターンP2は、画素の色だけに注目すれば、ベイヤ配列であるといえる。

なお、第3の特徴は、図6の色・感度モザイクパターンP2の他、色・感度モ



WO 02/056603

PCT/JP02/00035

15

ザイクパターン P 1 0, P 1 1 が有している。

第 4 の特徴は、第 2 の特徴を有しており、さらに、同一の感度を有する画素に注目した場合、それらの配列がベイア配列をなしていることである。第 4 の特徴について、図 7 に示す色・感度モザイクパターン P 3 を参照して説明する。

- 5 図 7 の色・感度モザイクパターン P 3 において、感度 S 0 の画素だけに注目した場合、図面を斜め 4 5 度だけ傾けて見れば明らかなように、それらは  $2^{1/2}$  の間隔を空けてベイア配列をなしている。また、感度 S 1 の画素だけに注目した場合も同様に、それらはベイア配列をなしている。

- 10 なお、第 4 の特徴は、図 7 の色・感度モザイクパターン P 3 の他、色・感度モザイクパターン P 5, P 1 2 が有している。

ところで、以下、図 5 乃至図 1 8 に示した色・感度モザイクパターン P 1 乃至 P 1 4 に関連し、画素の感度に拘わらず色だけに注目して「色のモザイク配列」と記述する。また、色に拘わらず感度だけに注目して「感度のモザイク配列」と記述する。

- 15 次に、CCD イメージセンサ 4 において上述した色・感度モザイクパターンを実現する方法について説明する。

色・感度モザイクパターンのうち、色のモザイク配列については、CCD イメージセンサ 4 の受光素子の上面に、画素毎に異なる色の光だけを透過させるオンチップカラーフィルタを配置することによって実現する。

- 20 色・感度モザイクパターンのうち、感度のモザイク配列については、光学的な方法、または電子的な方法によって実現する。

- 25 感度のモザイク配列を光学的に実現する方法について説明する。図 1 9 は、CCD イメージセンサ 4 の受光素子の断面を示している。受光素子の上部表面には、オンチップレンズ 2 1 が形成されている。オンチップレンズ 2 1 は、図面上方からの入射光がフォトダイオード (P D) 2 3 に集光されるようになされている。オンチップカラーフィルタ 2 2 は、入射光の波長帯域を制限する (特定の波長帯域だけを透過させる)。受光素子の下部には、ウェハ中にフォトダイオード 2 3 が形

WO 02/056603

PCT/JP02/00035

16

成されている。フォトダイオード23は、入力された光量に対応して電荷を生じる。フォトダイオード21の両脇には、垂直レジスタ26が形成されている。垂直レジスタ26の上部には、垂直レジスタ21を駆動する垂直レジスタ駆動電極25が配線されている。

- 5 垂直レジスタ26は、フォトダイオード23で生じた電荷を転送する領域であるので、そこで電荷が生じることがないように、垂直レジスタ26と垂直レジスタ駆動電極25はシールド24によって遮光されている。シールド24は、フォトダイオード23の上部だけが開口しており、その開口部分を入射光が通過してフォトダイオード23に到達するようになされている。
- 10 以上説明したように構成される CCD イメージセンサ4を利用して、各受光素子の感度を変えることができる (フォトダイオード23に対する入射光量を変化させることができる)。

- 例えば、図20に示すように、オンチップレンズ21の設置の有無により、集光される光量を変化させることができる。また、例えば図21に示すように、オンチップカラーフィルタ22の上方 (または下方) にニュートラルデンシティフィルタ31を設置することにより、光の透過率を変えることができる。また、例
- 15 えば図22に示すように、シールド24の開口部分の面積を変化させることにより、フォトダイオード23に対する入射光量を変化させることができる。

次に、感度のモザイク配列を電子的に実現する2種類の方法について説明する。

- 20 例えば、隣接する2つの受光素子 (第1および第2の受光素子) に対し、制御のタイミングを遅らせることにより、2つの受光素子を異なる感度に設定する第1の方法について、図23を参照して説明する。

- 図23の第1段目は、CCD イメージセンサ4の露光期間を示している。同図の第2段目は、電荷掃き出しを指令するパルス電圧のタイミングを示している。同
- 25 図の第3段目は、電荷転送を指令する制御電圧が与えられるタイミングを示している。同図の第4段目は、第1の受光素子に対し、電荷読み出しを指令するパルス電圧のタイミングを示している。同図の第5段目は、電荷掃き出しパルス電圧

WO 02/056603

PCT/JP02/00035

17

- および電荷読み出しパルス電圧が与えられることに対応して第1の受光素子に蓄積される電荷量の変化を示している。同図の第6段目は、第2の受光素子に対し、電荷読み出しを指令するパルス電圧のタイミングを示している。同図の第7段目は、電荷掃き出しパルス電圧および電荷読み出しパルス電圧が与えられることに対応して第2の受光素子に蓄積される電荷量の変化を示している。

- 感度のモザイク配列を電子的に実現する第1の方法において、電荷掃き出しパルス電圧は、第1および第2の受光素子に対し共通して、露光期間以外においては、フォトダイオード23から電荷を掃き出しさせる（リセットさせる）ように供給され、露光期間中においては、所定のタイミングで1回だけ電荷をリセットするために供給される。

- 電荷転送電圧は、露光期間以外においては、第1および第2の受光素子に対し共通して垂直レジスタ26に電荷を転送させるための波形電圧が供給され、露光期間中においては、垂直レジスタ26からの電荷の転送が停止されるように電荷転送電圧は供給されない。

- 電荷読み出しパルス電圧は、各受光素子に対して異なるタイミングで供給される。第1の受光素子に対しては、露光期間中の電荷掃き出しパルス電圧の供給タイミング（同図の第2段目）の直前に、1回目の電荷読み出しパルス電圧が供給され、露光期間中の終了の直前に2回目の電荷読み出しパルス電圧が供給される。

- その結果、第1の受光素子からは、1回目および2回目の電荷読み出しパルス電圧の供給タイミングのそれぞれにおける第1の受光素子の蓄積電荷量が垂直レジスタ26に読み出される。なお、露光期間中は垂直レジスタ26の電荷の転送は停止されているので、それら2回の読み出し電荷量が垂直レジスタ26内で加算され、露光期間終了後に同じフレームのデータとして垂直レジスタ26から転送されるようになされている。

- 一方、第2の受光素子に対しては、露光期間中の電荷掃き出しパルス電圧の供給タイミングの直前に1回だけ電荷読み出しパルス電圧が供給される。その結果、第2の受光素子からは、1回だけの電荷読み出しパルス電圧の供給タイミングに

WO 02/056603

PCT/JP02/00035

18

おける第2の受光素子の蓄積電荷量が垂直レジスタ26に読み出される。なお、露光期間中は垂直レジスタ23の電荷の転送は停止されているので、第2の受光素子から読み出された蓄積電荷は、露光期間終了後に、第1の受光素子から読み出された蓄積電荷と同じフレームのデータとして垂直レジスタ26から転送されるようになされている。

以上のように、第1の受光素子と第2の受光素子とに対する制御タイミングをそれぞれ違えることにより、同じ露光期間中に第1の受光素子から読み出される蓄積電荷量と、第2の受光素子から読み出される蓄積電荷量、すなわち感度が異なるように設定することができる。

ところで、感度のモザイク配列を電子的に実現する第1の方法では、受光素子によっては露光期間中の全域にわたる被写体の情報を計測できないという点が問題である。

次に、感度のモザイク配列を電子的に実現する第2の方法について、図24を参照して説明する。同図の第1乃至6段目はそれぞれ、図23の第1乃至6段目と同様に、CCDイメージセンサ4の露光期間、電荷掃き出しを指令するパルス電圧のタイミング、電荷転送を指令する制御電圧が与えられるタイミング、第1の受光素子に対して電荷読み出しを指令するパルス電圧のタイミング、電荷掃き出しパルス電圧および電荷読み出しパルス電圧が与えられることに対応して第1の受光素子に蓄積される電荷量の変化、第2の受光素子に対する電荷読み出しを指令するパルス電圧のタイミング、電荷掃き出しパルス電圧および電荷読み出しパルス電圧が与えられることに対応して第2の受光素子に蓄積される電荷量の変化を示している。

感度のモザイク配列を電子的に実現する第2の方法においては、露光期間中において、電荷掃き出しパルス電圧および電荷読み出しパルス電圧が複数回繰り返して供給される。

すなわち、電荷掃き出しパルス電圧については、第1および第2の受光素子に対し共通して露光期間中において、1回目の電荷掃き出しパルス電圧と2回目の

WO 02/056603

PCT/JP02/00035

19

電荷掃き出しパルス電圧の組が複数回供給される。電荷読み出しパルス電圧については、第1の受光素子に対しては、1回目および2回目の電荷掃き出しパルス電圧の組毎に、1回目の電荷掃き出しパルス電圧の直前に1回目の電荷読み出しパルス電圧が供給され、2回目の電荷掃き出しパルス電圧の直前に2回目の電荷読み出しパルス電圧が供給される。一方、第2の受光素子に対しては、電荷掃き出しパルス電圧の組毎に、1回目の電荷掃き出しパルス電圧の直前に1回だけ電荷読み出しパルス電圧が供給される。

その結果、第1の受光素子からは、1回目および2回目の電荷掃き出しパルス電圧の組毎に、1回目の電荷読み出しパルス電圧の供給タイミングにおける第1の受光素子の蓄積電荷量と、2回目の電荷読み出しパルス電圧の供給タイミングにおける第1の受光素子の蓄積電荷量が読み出される。なお、露光期間中は、垂直レジスタ26の電荷の転送が停止されているので、これら組ごとに2回ずつ読み出された電荷量は、垂直レジスタ26で加算される。第2の受光素子からは、1回目および2回目の電荷掃き出しパルス電圧の組毎に1回だけ供給される電荷読み出しパルス電圧の供給タイミングにおける第2の受光素子の蓄積電荷量が読み出される。これら組ごとに1回ずつ読み出された電荷量は、垂直レジスタ26で加算される。

以上説明したような感度のモザイク配列を電子的に実現する第2の方法では、露光期間において電荷の読み出しを複数回繰り返すので、露光期間中の全域にわたる被写体の情報を計測することが可能となる。

なお、上述した感度のモザイク配列を電子的に実現する第1および第2の方法に関連し、一般的に、CCDイメージセンサ4の読み出し制御は、水平ライン毎に配線される垂直レジスタ駆動電極25に印加される。例えば、図5に示した色・感度モザイクパターンP1のように、水平ライン毎に感度が変わるような感度のモザイク配列を実現するためには、その電極構造を利用すればよいので、ラインごとに異なる読み出しパルス電圧がかけられるような若干の改良をおこなえばよい。さらに、3相駆動の垂直レジスタを持つプログレッシブスキャンのCCDイメ

WO 02/056603

PCT/JP02/00035

20

ージセンサにおいては、その電極構造を工夫することによって、２段階感度による任意のモザイク配列を電子的に実現できる。

図 2 5 は、２段階の感度を有する感度のモザイク配列を実現するために用いる電極配線による垂直転送用ポリシリコン電極の第 1 の電極構造を示している。図 2 6 は、図 2 5 の図中の線分 a a' における CCD イメージセンサの断面図を示している。第 1 相垂直レジスタ駆動電極 4 2 および第 2 相垂直レジスタ駆動電極 4 3 は、同じ水平ライン上で隣接する画素の電極と連結しているので、同一水平ライン上の電極は同期して駆動される。一方、第 3 相垂直レジスタ駆動電極 4 4 は、同じ垂直ライン上で隣接する画素の電極と連結しているので、同一垂直ライン上の電極は同期して駆動される。また、第 2 相垂直レジスタ駆動電極 4 3 および第 3 相垂直レジスタ駆動電極 4 4 は、対応するフォトダイオード 2 3 に隣接する読み出しゲート 4 1 上にもかかるようになされている。

したがって、第 2 相垂直レジスタ駆動電極 4 3、または第 3 相垂直レジスタ駆動電極 4 4 に読み出しパルスを印加した場合、読み出しゲート 4 1 のバリアを一時的に取り除き、対応するフォトダイオード 2 3 に蓄積されている電荷を垂直レジスタ 2 6 に転送することが可能である。以下、図 2 5 および図 2 6 に示した電極構造を O R 型の電極構造と記述する。

図 2 7 は、２段階の感度を有する感度のモザイク配列を実現するために用いる電極配線による垂直転送用ポリシリコン電極の第 2 の電極構造を示している。図 2 7 の図中の線分 a a' における CCD イメージセンサの断面も、図 2 6 に示した断面図と同様である。すなわち、第 2 の電極構造においても、第 1 の電極構造と同様に、第 1 相垂直レジスタ駆動電極 4 2 および第 2 相垂直レジスタ駆動電極 4 3 は、同じ水平ライン上で隣接する画素の電極と連結しているので、同一水平ライン上の電極は同期して駆動される。第 3 相垂直レジスタ駆動電極 4 4 は、第 1 の電極構造と同様に、同じ垂直ライン上で隣接する画素の電極と連結しているので、同一垂直ライン上の電極は同期して駆動される。

しかしながら、第 3 相垂直レジスタ駆動電極 4 4 が対応するフォトダイオード

WO 02/056603

PCT/JP02/00035

21

2 3 に隣接する読み出しゲート 4 1 上において、当該フォトダイオード 2 3 の辺縁部分に沿って配置され、次いでそれに隣接するように第 2 相垂直レジスタ駆動電極 4 3 の細長く加工された部分が読み出しゲート 4 1 にかかるようになされている点が第 1 の電極構造と異なる。

- 5     したがって、第 2 相垂直レジスタ駆動電極 4 3 および第 3 相垂直レジスタ駆動電極 4 4 のうち、一方だけに読み出しパルスを印加した場合、読み出しゲート 4 1 のバリアを取り除くことができない。読み出しゲート 4 1 のバリアを取り除き、フォトダイオード 2 3 に蓄積されている電荷を垂直レジスタ 2 6 に転送するためには、第 2 相垂直レジスタ駆動電極 4 3 と第 3 相垂直レジスタ駆動電極 4 4 に同時に読み出しパルスを印加する必要がある。以下、図 2 7 に示した電極構造を AND 型の電極構造と記述する。

- 15     以上説明した OR 型の電極構造と AND 型の電極構造を 1 つの CCD イメージセンサ内で組み合わせて使うことにより、2 段階感度による任意のモザイク配列をつくることができる。例えば、図 5 に示した色・感度モザイクパターン P 1 のうち、感度のモザイク配列を実現するためには、図 2 8 に示すように OR 型の電極構造と AND 型の電極構造を組み合わせればよい。

- 20     図 5 と図 2 8 を比較すれば明らかなように、2 段階の感度 S 0, S 1 のうち、低感度 S 0 の画素には AND 型の電極構造を採用し、高感度 S 1 の画素には OR 型の電極構造を採用するようにする。このように OR 型と AND 型の電極構造を組み合わせ構成した CCD イメージセンサ 4 に対し、その第 2 相垂直レジスタ駆動電極 4 3 に読み出しパルス電圧を印加すれば、OR 型の画素だけで電荷読み出しがおこなわれ、第 2 相垂直レジスタ駆動電極 4 3 および第 3 相垂直レジスタ駆動電極 4 4 に同時に読みだしパルス電圧を印加すれば、OR 型と AND 型の両方、すなわち全ての画素で電荷読み出しがおこなわれるようになる。

- 25     なお、第 2 相垂直レジスタ駆動電極 4 3、および第 3 相垂直レジスタ駆動電極 4 4 に対するパルス電圧の供給タイミングは、図 2 3 (または図 2 4) に示した制御タイミングのうち、同図 (D) の 1 回目の電荷読み出しパルス電圧の供給タイ

WO 02/056603

PCT/JP02/00035

22

ミングと、同図(F)の電荷読み出しパルス電圧の供給タイミングにおいて、第2相および第3相の両方を駆動し、同図(D)の2回目の電荷読み出しパルス電圧の供給タイミングにおいて第2相だけを駆動するようにすれば、OR型の電極構造の画素は高感度S1となり、AND型の電極構造の画素は低感度S0となる。

- 5 同様の方法により、その他の2段階の感度を有する感度のモザイク配列をつくることことができる。例えば、図6に示した色・感度モザイクパターンP2のうち、感度のモザイクパターンを実現するためには、OR型とAND型を図29に示すように組み合わせる。図7に示した色・感度モザイクパターンP3のうち、感度のモザイクパターンを実現するためには、OR型とAND型を図30に示すように組み合わせる。図8に示した色・感度モザイクパターンP4のうち、感度のモザイクパターンを実現するためには、OR型とAND型を図31に示すように組み合わせる。図9に示した色・感度モザイクパターンP5のうち、感度のモザイクパターンを実現するためには、OR型とAND型を図32に示すように組み合わせる。

- 15 次に、画像処理部7を中心とする画像処理系のデモザイク処理について説明するが、その前に、以下の説明において用いる画素の位置座標の定義について、図33を参照して説明する。

- 図33は、画像上の画素の位置を示す座標系( $x$ ,  $y$ )を示している。すなわち、画像の左下端を(0, 0)とし、画像の右上端を( $x_{max}$ ,  $y_{max}$ )とする。図中に□で表されている各画素は、長さ1の横幅と縦幅を有し、格子上に配列されている。従って、例えば、左下端の画素の中心の座標は、(0.5, 0.5)であり、右上端の画素の中心の座標は( $x_{max}-0.5$ ,  $y_{max}-0.5$ )である。また、以下の説明において、□で表されている各画素に対して位相が縦横に半画素ずれた画像データ(図中に●で表される位置の画素データ)を利用する場合があるが、例えば、左下端の画素に対して縦横に半画素だけ位相がずれた画像データの座標は(1, 1)である。

次に、図34は、画像処理部7を中心とする画像処理系の第1のデモザイク処理の概要を示している。



WO 02/056603

PCT/JP02/00035

23

第 1 のデモザイク処理は、図 3 4 に示すように、撮像系の処理によって得られた色・感度モザイク画像の画素の色を変更することなく、感度を均一化して色モザイク画像を生成する感度均一化処理と、色・感度モザイク画像 M の各画素の R G B 成分を復元する色補正処理から成る。

- 5 第 1 のデモザイク処理における第 1 の感度均一化処理の概要について、図 3 5 乃至図 3 7 を参照して説明する。図 3 5 乃至図 3 7 は、処理される画像の所定の 1 ラインの画素配列を示している。X 0 は、色成分が X (例えば、R (赤)) であり、感度が 2 段階 S 0, S 1 のうちの S 0 であることを示し、X 1 は、色成分が X であり、感度が 2 段階 S 0, S 1 のうちの S 1 であることを示し、Y 0 は、色成分が Y (例えば、G (緑)) であり、感度が 2 段階 S 0, S 1 のうちの S 0 であることを示し、Y 1 は、色成分が Y であり、感度が 2 段階 S 0, S 1 のうちの S 1 であることを示している。感度 S 0 の画素は、入射光の強度を所定の割合で減衰させて測光し、感度 S 1 の画素は、入射光の強度を減衰させることなく測光する。また、同図の横軸は画素のライン上の位置を示しており、縦棒の長さは対応する画素の画素値を示している。
- 10
- 15

第 1 のデモザイク処理における第 1 の感度均一化処理は、2 段階の処理に分別することができる。図 3 5 は、第 1 の感度均一化処理を施される前の色・感度モザイク画像の所定の 1 ラインの画素の画素値を示している。なお、曲線 X は、入射光の色 X の強度分布を示し、曲線 Y は、色 Y の強度分布を示している。

- 20 閾値  $\theta_H$  は、CCD イメージセンサ 4 の飽和レベルを示し、入射光の強度が閾値  $\theta_H$  を越える場合、その強度を正確に測定することができず、その測定値は閾値  $\theta_H$  と等しい値となる。閾値  $\theta_L$  は、CCD イメージセンサ 4 のノイズレベルを示しており、入射光の強度が閾値  $\theta_L$  よりも小さい場合も、その強度を正確に測定することができず、その測定値は閾値  $\theta_L$  と等しい値となる。

- 25 有効性判別結果は、各画素が入射光の強度を正確に測定できたか否かを示す情報、すなわち、測定された各画素の画素値が有効 V (Valid) であるか、無効 I (Invalid) であるかを示す情報である。

WO 02/056603

PCT/JP02/00035

24

第 1 の感度均一化処理の 1 段階目の処理により、感度 S 0 の画素の画素値は、感度 S 1 に対する感度 S 0 の相対的比率を用いてスケーリングされる。感度 S 1 の画素の画素値はスケーリングされない。図 3 6 は、第 1 の感度均一化処理の 1 段階目の処理を施した結果を示している。1 段階目の処理が施された状態では、

5 同図に示すように、有効性判別結果が有効である画素は、スケーリングによって本来の光強度が復元されるが、無効である画素は、本来の光強度が復元されていない。

そこで、第 1 の感度均一化処理の 2 段階目の処理では、無効である画素の画素値を、その近傍の同じ色の有効な画素の画素値を用いて補間する。図 3 7 は、第

10 1 の感度均一化処理の 2 段階目の処理を施した結果を示している。例えば、図 3 7 の中央の無効であって色 Y の画素は、近傍の有効な色 Y の画素の画素値を用いて生成される補間曲線 Y ' に従って補間される。

次に、第 1 のデモザイク処理における第 2 の感度均一化処理の概要について、図 3 5、図 3 8、および図 3 9 を参照して説明する。第 2 の感度均一化処理も、

15 2 段階の処理に分別することができる。第 2 の感度均一化処理が施される前の色・感度モザイク画像の所定の 1 ラインの画素の画素値は、図 3 5 と同様であるとする。

第 2 の感度均一化処理の 1 段階目の処理により、各画素の色を変更することなく、感度 S 0 での画素値と、感度 S 1 での画素値が推定される。例えば、色 X で

20 あって感度 S 0 の画素については、感度 S 0 での画素値はそのまま用いられ、感度 S 1 での推定値が近傍に存在する色 X であって感度 S 1 の画素の画素値を用いて補間される。図 3 8 は、第 2 の感度均一化処理の 1 段階目の処理を施した結果を示している。同図に示すように、1 段階目の処理が施されたことにより、各画素は、元の色の感度 S 0 の画素値と、感度 S 1 の画素値を有している。

25 第 2 の感度均一化処理の 2 段階目の処理では、画素毎に感度 S 0 の画素値と、感度 S 1 の画素値が合成されて感度が均一化される。図 3 9 は、第 2 の感度均一化処理の 2 段階目の処理を施した結果を示している。

WO 02/056603

PCT/JP02/00035

25

次に、図40は、画像処理部7を中心とする画像処理系の第2のデモザイク処理の概要を示している。

第2のデモザイク処理は、図40に示すように、撮像系の処理によって得られた色・感度モザイク画像の画素の色を、感度均一化のために最適な色に変更して感度を均一化し、色モザイク画像を生成する感度均一化処理と、色・感度モザイク画像Mの各画素のRGB成分を復元する色補正処理から成る。

第2のデモザイク処理における第1の感度均一化処理の概要について、図35、図41および図42を参照して説明する。

第2のデモザイク処理における第1の感度均一化処理も、2段階の処理に分別することができる。第1の感度均一化処理が施される前の色・感度モザイク画像の所定の1ラインの画素の画素値は、図35と同様であるとする。

第2のデモザイク処理における第1の感度均一化処理の1段階目の処理により、感度S0の画素の画素値は、感度S1に対する感度S0の相対的比率を用いてスケールリングされる。感度S1の画素の画素値はスケールリングされない。図41は、第1の感度均一化処理の1段階目の処理を施した結果を示している。1段階目の処理が施された状態では、同図に示すように、有効性判別結果が有効Vである画素は、スケールリングによって本来の光強度が復元されるが、無効Iである画素は、本来の光強度が復元されていない。

そこで、第2のデモザイク処理における第1の感度均一化処理の2段階目の処理では、無効である画素の画素値を、その色に拘わらず近傍の有効な画素の画素値を用いて補間する。図42は、第1の感度均一化処理の2段階目の処理を施した結果を示している。例えば、図41の中央の無効であって色Yの画素は、図42に示すように、当該画素に隣接する有効な色Xの画素の画素値を用いて生成される補間曲線X'に基づいて色Xの画素値が補間される。

次に、第2のデモザイク処理における第2の感度均一化処理の概要について、図35、図43、および図44を参照して説明する。第2のデモザイク処理における第2の感度均一化処理も、2段階の処理に分別することができる。第2の感

WO 02/056603

PCT/JP02/00035

26

度均一化処理が施される前の色・感度モザイク画像の所定の1ラインの画素の画素値は、図35と同様であるとする。

第2のデモザイク処理における第2の感度均一化処理の1段階目の処理では、各画素に対し、色に拘わらずより近くに位置する近傍の画素の画素値が用いられ  
5 て感度S0での画素値と、感度S1での画素値が推定される。例えば、色Xの画素の推定値として、当該画素に隣接する画素が色Yである場合、色Yの感度S1での推定値と、感度S1での画素値が補間される。図43は、第2の感度均一化処理の1段階目の処理を施した結果を示している。同図に示すように、1段階目の処理が施されたことにより、各画素は、元の色に拘わらず隣接した画素の色に  
10 変更されて、感度S0での画素値と、感度S1での画素値を有している。

第2のデモザイク処理における第2の感度均一化処理の2段階目の処理では、画素毎に感度S0の画素値と、感度S1の画素値が合成されて感度が均一化される。図44は、第2の感度均一化処理の2段階目の処理を施した結果を図44に示す。

15 次に、第1のデモザイク処理を主に実行する画像処理部7の第1の構成例について、図45を参照して説明する。以下、特に断りがある場合を除き、色・感度モザイク画像は、図6の色・感度モザイクパターンP2である、すなわち、画素の色は3原色RGBのうちのいずれかの色であり、感度はS0、S1のうち的一方であるとする。ただし、以下に説明する構成や動作は、RGB以外の3色から  
20 成る色・感度モザイク画像や、4色から成る色・感度モザイク画像に適用することも可能である。

画像処理部7の第1の構成例において、撮像系からの色・感度モザイク画像は、感度均一化部51に供給される。色・感度モザイク画像の色モザイク配列を示す色モザイクパターン情報は、感度均一化部51、および色補間部52に供給され  
25 る。色・感度モザイク画像の感度モザイク配列を示す感度モザイクパターン情報は、感度均一化部51に供給される。

感度均一化部51は、色モザイクパターン情報および感度モザイクパターン情

WO 02/056603

PCT/JP02/00035

27

報に基づき、色・感度モザイク画像に感度均一化処理を施すことによって、各画素の色が変更されずに感度が均一化された色モザイク画像Mを生成し、色補間部52に出力する。

色補間部52は、感度均一化部51からの色モザイク画像Mに対し、色モザイクパターン情報を用いる色補間処理を施すことによって出力画像R、G、Bを生成する。

なお、色モザイクパターン情報は、色・感度モザイク画像の各画素の色の種類（いまの場合、R、G、Bのいずれかの色）を示す情報であり、画素位置をインデックスとして、その画素が有する色成分の情報を取得できるようになされている。

感度モザイクパターン情報は、色・感度モザイク画像の各画素の感度の種類（いまの場合、S0またはS1）を示す情報であり、画素位置をインデックスとして、その画素の感度の情報を取得できるようになされている。

図46は、感度均一化部51の第1の構成例を示している。当該第1の構成例は、図35乃至図37を参照して説明した第1の感度均一化処理を実行する感度均一化部51の構成例である。

感度均一化部51の第1の構成例において、撮像系からの色・感度モザイク画像は、感度補償部61および有効性判別部63に供給される。色モザイクパターン情報は、欠落補間部64に供給される。感度モザイクパターン情報は、感度補償部61および有効性判別部63に供給される。

感度補償部61は、相対感度値LUT62から得られる相対感度値Sに基づき、色・感度モザイク画像に感度補償を施して欠落補間部64に出力する。相対感度値LUT62は、画素の感度をインデックスとして、相対感度値Sを出力するルックアップテーブルである。

有効性判別部63は、色・感度モザイク画像の各画素の画素値を、飽和レベルの閾値 $\theta_H$ およびノイズレベルの $\theta_L$ と比較することによって画素値の有効性を判別し、その結果を判別情報として欠落補間部64に供給する。判別情報には、

WO 02/056603

PCT/JP02/00035

28

各画素の画素値について、有効(Valid)、または無効(Invalid)を示す情報が記述されている。

欠落補間部 6 4 は、有効性判別部 6 3 からの判別情報に基づき、感度補償された色・感度モザイク画像に欠落補間処理を施すことによって色モザイク画像 M を生成し、後段の色補間部 5 2 に出力する。

図 4 7 は、色補間部 5 2 の構成例を示している。色補間部 5 2 において、感度均一化部 5 1 からの色モザイク画像 M は、階調変換部 7 1 に供給される。色モザイクパターン情報は、色差画像生成部 7 2, 7 3、および輝度画像生成部 7 4 に供給される。

10 階調変換部 7 1 は、色モザイク画像 M に対して階調変換処理を施し、得られる変調色モザイク画像  $M_g$  を色差画像生成部 7 2, 7 3、および輝度画像生成部 7 4 に供給する。階調変換処理としては、具体的には  $\gamma$  乗のべき算関数による変換等を用いる。

15 色差画像生成部 7 2 は、変調色モザイク画像  $M_g$  を用い、全ての画素が色差  $C$  ( $= R - G$ ) 成分を有する色差画像  $C$  を生成して輝度画像生成部 7 4 および色空間変換部 7 5 に供給する。色差画像生成部 7 3 は、変調色モザイク画像  $M_g$  を用い、全ての画素が色差  $D$  ( $= B - G$ ) 成分を有する色差画像  $D$  を生成して輝度画像生成部 7 4 および色空間変換部 7 5 に供給する。輝度画像生成部 7 4 は、変調モザイク画像  $M_g$ 、色差信号  $C$ ,  $D$  を用いて輝度画像  $L$  を生成し、色空間変換部 20 7 5 に供給する。

色空間変換部 7 5 は、色差画像  $C$ ,  $D$ 、および輝度画像  $L$  に色空間変換処理を施し、得られる変調画像 (各画素がそれぞれ RGB 成分を有する画像) を階調逆変換部 7 6 乃至 7 8 に供給する。

25 階調逆変換部 7 6 は、色空間変換部 7 5 からの R 成分の画素値を  $(1/\gamma)$  乗することにより、階調変換部 7 1 における階調変換の逆変換を施して出力画像 R を得る。階調逆変換部 7 7 は、色空間変換部 7 5 からの G 成分の画素値を  $(1/\gamma)$  乗することにより、階調変換部 7 1 における階調変換の逆変換を施して出力

WO 02/056603

PCT/JP02/00035

29

画像Gを得る。階調逆変換部78は、色空間変換部75からのB成分の画素値を $(1/\gamma)$ 乗することにより、階調変換部71における階調変換の逆変換を施して出力画像Bを得る。

- 5     なお、感度均一化部51から供給される色モザイク画像Mがベイア配列を成している場合、色補間部52において、例えば、特開昭61-501424号公報等に開示されている従来の方法を用いて色補間処理を実行するようにしてもよい。

図48は、色差画像生成部72の構成例を示している。色差画像生成部72において、階調変換部71からの変調色モザイク画像Mgは平滑化部81、82に供給される。色モザイクパターン情報も平滑化部81、82に供給される。

- 10    平滑化部81は、各画素に対し、R成分を有する近傍の画素の画素値を用いて当該画素のR成分を補間することにより、平滑化されたR成分の画像R'を生成して減算器83に供給する。平滑化部82は、各画素に対し、G成分を有する近傍の画素の画素値を用いて当該画素のG成分を補間することにより、平滑化されたG成分の画像G'を生成して減算器83に供給する。

- 15    減算器83は、平滑化部81からの平滑化されるR成分の画像R'の画素値から、平滑化部82からの平滑化されるG成分の画像G'の対応する画素の画素値を減算することにより、色差画像Cを生成して色空間変換部75に供給する。

なお、色差画像生成部73の同様に構成されている。

- 20    図49は、輝度画像生成部74の構成例を示している。輝度画像生成部74を構成する輝度算出部91は、階調変換部71からの変調色モザイク画像Mg、色差画像生成部72からの色差画像C、色差画像生成部73からの色差画像D、および色モザイクパターン情報に基づいて各画素の輝度候補値を算出し、各画素の輝度候補値からなる輝度候補値画像Lcをノイズ除去部92に出力する。

- 25    ノイズ除去部92は、輝度候補値画像Lcの各画素値(輝度候補値)に平滑化成分(後述)を合成することによってノイズを除去し、得られる輝度画像Lを色空間変換部75に出力する。

次に、図45に示した画像処理部7の第1の構成例による第1のデモザイク処

WO 02/056603

PCT/JP02/00035

30

理について、図 5 0 にフローチャートを参照して説明する。

ステップ S 1 において、感度均一化部 5 1 は、色モザイクパターン情報および感度モザイクパターン情報に基づき、色・感度モザイク画像に感度均一化処理を施し、得られた色モザイク画像 M を色補間部 5 2 に出力する。

- 5 図 4 6 に示した感度均一化部 5 1 の第 1 の構成例による第 1 の感度均一化処理の詳細について、図 5 1 のフローチャートを参照して説明する。

ステップ S 1 1 において、感度補償部 6 1 は、入力された色・感度モザイク画像に感度補償処理を施し、感度補償された色・感度モザイク画像を欠落補間部 6 4 に供給する。

- 10 感度補償処理の詳細について、図 5 2 のフローチャートを参照して説明する。
- ステップ S 2 1 において、感度補償部 6 1 は、色・感度モザイク画像の全ての画素を注目画素としたか否かを判定し、全ての画素を注目画素としていないと判定した場合、ステップ S 2 2 に進む。ステップ S 2 2 において、感度補償部 6 1 は、色・感度モザイク画像の左下の画素から右上の画素まで、順次 1 画素ずつ注目画素に決定する。

ステップ S 2 3 において、感度補償部 6 1 は、感度モザイクパターン情報を参照することにより、注目画素の感度 (S 0 または S 1) を取得し、さらに、相対感度値 LUT 6 2 を参照することによって注目画素の感度に対応する相対感度値 S を取得する。

- 20 ステップ S 2 4 において、感度補償部 6 1 は、色・感度モザイク画像の注目画素の画素値を相対感度値 S で除算することにより、その画素値の感度を補償する。感度が補償された画素値は、感度補償された色・感度モザイク画像の画素値とされる。

- 25 処理は、ステップ S 2 1 に戻り、全ての画素を注目画素としたと判定されるまで、ステップ S 2 1 乃至 S 2 4 の処理が繰り返される。ステップ S 2 1 において、全ての画素を注目画素としたと判定された場合、処理は図 5 1 のステップ S 1 2 にリターンする。



WO 02/056603

PCT/JP02/00035

31

ステップS 1 2において、有効性判別部6 3は、色・感度モザイク画像に有効性判別処理を施すことにより、各画素の画素値の有効性を示す判別情報を生成して欠落補間部6 4に供給する。なお、ステップS 1 2の有効判別処理は、ステップS 6 1の感度補償処理を平行して実行するようにしてもよい。

- 5 有効性判別処理の詳細について、図5 3のフローチャートを参照して説明する。ステップS 3 1において、有効性判別部6 3は、色・感度モザイク画像の全ての画素を注目画素としたか否かを判定し、全ての画素を注目画素としていないと判定した場合、ステップS 3 2に進む。ステップS 3 2において、有効性判別部6 3は、色・感度モザイク画像の左下の画素から右上の画素まで、順次1画素ずつ
- 10 注目画素に決定する。

ステップS 3 3において、有効性判別部6 3は、色・感度モザイク画像の注目画素の画素値が、ノイズレベルの閾値 $\theta_L$ と飽和レベルの閾値 $\theta_H$ の範囲内であるか否かを判定し、閾値の範囲内であると判定した場合、ステップS 3 4に進む。

- 15 処理はステップS 3 1に戻る。

ステップS 3 3において、色・感度モザイク画像の注目画素の画素値が閾値の範囲内ではないと判定した場合、ステップS 3 5に進む。ステップS 3 5において、有効性判別部6 3は、色・感度モザイク画像の注目画素の画素値が、飽和レベルの閾値 $\theta_H$ 以上であるか否かを判定し、飽和レベルの閾値 $\theta_H$ 以上であると判定した場合、ステップS 3 6に進む。

- 20 処理はステップS 3 1に戻る。

ステップS 3 6において、有効性判別部6 3は、感度モザイクパターン情報を参照することにより、注目画素が感度S 0であるか否かを判定し、感度S 0であると判定した場合、ステップS 3 4に進み、注目画素が感度S 0ではないと判定した場合、ステップS 3 7に進む。

- 25 処理はステップS 3 1に戻る。

ステップS 3 5において、色・感度モザイク画像の注目画素の画素値が飽和レ

WO 02/056603

PCT/JP02/00035

32

ベルの閾値  $\theta_H$  以上ではないと判定した場合、ステップ S 3 8 に進む。ステップ S 3 8 において、有効性判別部 6 3 は、感度モザイクパターン情報を参照することにより、注目画素が感度 S 1 であるか否かを判定し、感度 S 1 であると判定した場合、ステップ S 3 4 に進み、注目画素が感度 S 1 ではないと判定した場合、

5 ステップ S 3 7 に進む。

その後、ステップ S 3 1 において、全ての画素を注目画素としたと判定されるまで、ステップ S 3 1 乃至 3 8 の処理が繰り返される。ステップ S 3 1 において、全ての画素を注目画素としたと判定された場合、処理は図 5 1 のステップ S 1 3 にリターンする。

- 10 ステップ S 1 3 において、欠落補間部 6 4 は、有効性判別部 6 3 からの判別情報に基づき、感度補償された色・感度モザイク画像に欠落補間処理を施し、得られた色モザイク画像 M を色補間部 5 2 に供給する。

欠落補間処理の詳細について、図 5 4 のフローチャートを参照して説明する。

- 15 ステップ S 4 1 において、欠落補間部 6 4 は、感度補償された色・感度モザイク画像の全ての画素を注目画素としたか否かを判定し、全ての画素を注目画素としていないと判定した場合、ステップ S 4 2 に進む。ステップ S 4 2 において、欠落補間部 6 4 は、感度補償された色・感度モザイク画像の左下の画素から右上の画素まで、順次 1 画素ずつ注目画素に決定する。

- 20 ステップ S 4 3 において、欠落補間部 6 4 は、注目画素の判別情報が無効であるか否かを判定し、注目画素の判別情報が無効であると判定した場合、ステップ S 4 4 に進む。

- 25 ステップ S 4 4 において、欠落補間部 6 4 は、色モザイクパターン情報を参照することにより、注目画素の色の種類 (いまの場合、RGB のうちのいずれかの色) を判別し、注目画素の近傍の画素 (例えば、注目画素を中心とする  $5 \times 5$  画素) のうち、注目画素と同じ色であって、かつ、判別情報が有効である画素を検出し、検出した画素 (以下、参照画素と記述する) の画素値を抽出する。

ステップ S 4 5 において、欠落補間部 6 4 は、参照画素の注目画素に対する相

WO 02/056603

PCT/JP02/00035

33

- 対的な位置に対応して予め設定されているフィルタ係数を、参照画素の数だけ取得する。ステップ S 4 6 において、欠落補間部 6 4 は、各参照画素の画素値と、対応するフィルタ係数を乗算し、それらの積の総和を演算する。さらに、その積の総和を、用いたフィルタ係数の総和で除算して、その商を色モザイク画像 M の
- 5 注目画素の画素値とする。

処理は、ステップ S 4 1 に戻り、全ての画素を注目画素としたと判定されるまで、ステップ S 4 1 乃至 4 6 の処理が繰り返される。ステップ S 4 1 において、全ての画素を注目画素としたと判定された場合、処理は図 5 0 のステップ S 2 にリターンする。

- 10 以上説明したステップ S 1 の感度均一化処理によって得られた色モザイク画像 M に対し、ステップ S 2 において、色補間部 5 2 は、色モザイクパターン情報に基づいて色補間処理を施すことにより、出力画像 R, G, B を生成する。

- 色補間処理の詳細について、図 5 5 のフローチャートを参照して説明する。
- 15 テップ S 5 1 において、階調変換部 7 1 は、色モザイク画像 M に対して階調変調処理を施す (具体的には、変調色モザイク画像 M<sub>g</sub> の各画素値を  $\gamma$  乗する) ことにより、変調色モザイク画像 M<sub>g</sub> を生成して色差画像生成部 7 2, 7 3、および輝度画像生成部 7 4 に供給する。

- ステップ S 5 2 において、色差画像生成部 7 2 は、階調変換部 7 1 からの変調
- 20 色モザイク画像 M<sub>g</sub> を用いて色差画像 C を生成し、輝度画像生成部 7 4 および色空間変換部 7 5 に供給する。一方、色差画像生成部 7 3 は、階調変換部 7 1 からの変調色モザイク画像 M<sub>g</sub> を用いて色差画像 D を生成し、輝度画像生成部 7 4 および色空間変換部 7 5 に供給する。

- 色差画像生成部 7 2 が色差画像 C を生成する第 1 の処理について、図 5 6 のフ
- 25 ローチャートを参照して説明する。ステップ S 6 1 において、平滑化部 8 1, 8 2 は、変調色モザイク画像 M<sub>g</sub> の全ての画素を注目画素としたか否かを判定し、全ての画素を注目画素としていないと判定した場合、ステップ S 6 2 に進む。ス

WO 02/056603

PCT/JP02/00035

34

ステップS62において、平滑化部81、82は、変調色モザイク画像Mgの左下の画素から右上の画素まで、順次1画素ずつ注目画素に決定する。

ステップS63において、平滑化部81は、色モザイクパターン情報を参照することにより、注目画素の近傍の画素（例えば、注目画素を中心とする5×5画素）のうち、R成分を有する画素を検出し、検出した画素（以下、参照画素と記述する）の画素値を抽出する。一方、平滑化部82も同様に、色モザイクパターン情報を参照することにより、注目画素の近傍の画素のうち、G成分を有する画素を検出し、検出した画素の画素値を抽出する。

ステップS64において、平滑化部81は、R成分を有する参照画素の注目画素に対する相対的な位置に対応して予め設定されているフィルタ係数を、参照画素の数だけ取得する。一方、平滑化部82も同様に、G成分を有する参照画素の注目画素に対する相対的な位置に対応して予め設定されているフィルタ係数を、参照画素の数だけ取得する。

ステップS65において、平滑化部81は、R成分を有する各参照画素の画素値と、対応するフィルタ係数とを乗算し、それらの積の総和を演算する。さらに、その積の総和を、用いたフィルタ係数の総和で除算して、その商を平滑化されたR成分だけの画像R'の注目画素に対応する画素値とする。一方、平滑化部82も同様に、G成分を有する各参照画素の画素値と、対応するフィルタ係数とを乗算し、それらの積の総和を演算する。さらに、その積の総和を、用いたフィルタ係数の総和で除算して、その商を平滑化されたG成分だけの画像G'の注目画素に対応する画素値とする。

ステップS66において、減算器83は、平滑化部81からの平滑化されたR成分だけの画像R'の注目画素に対応する画素値から、平滑化部82からの平滑化されたG成分だけの画像G'の注目画素に対応する画素値を減算し、その差を色差画像Cの注目画素に対応する画素値とする。

処理は、ステップS61に戻り、全ての画素を注目画素としたと判定されるまで、ステップS61乃至66の処理が繰り返される。ステップS61において、

WO 02/056603

PCT/JP02/00035

35

全ての画素を注目画素としたと判定された場合、処理は図55のステップS53にリターンする。

なお、色差画像生成部73が色差画像Dを生成する処理は、上述した色差画像生成部72が色差画像Cを生成する第1の処理と同様であるので、その説明は省略する。

ステップS53において、輝度画像生成部74は、変調モザイク画像M<sub>g</sub>、色差信号C、Dを用いて輝度画像Lを生成し、色空間変換部75に供給する。

輝度画像生成部74の輝度画像生成処理の詳細について、図57のフローチャートを参照して説明する。ステップS71において、輝度算出部91は、変調色モザイク画像M<sub>g</sub>の全ての画素を注目画素としたか否かを判定し、全ての画素を注目画素としていないと判定した場合、ステップS72に進む。ステップS72において、輝度算出部91は、変調色モザイク画像M<sub>g</sub>の左下の画素から右上の画素まで、順次1画素ずつ注目画素に決定する。

ステップS73において、輝度算出部91は、色モザイクパターン情報を参照して、注目画素の色の種類（いまの場合、RGBのいずれかの色）を判定する。

ステップS73において、注目画素の色の種類がRであると判定された場合、処理はステップS74に進む。ステップS74において、輝度算出部91は、変調色モザイク画像M<sub>g</sub>、および色差信号C、Dの注目画素に対応する画素値を次式(1)に適用して、輝度候補画像L<sub>c</sub>の注目画素に対応する画素値を算出する。

$$L_c = 3M_g - 2C + D \quad \dots (1)$$

ステップS73において、注目画素の色の種類がGであると判定された場合、処理はステップS75に進む。ステップS75において、輝度算出部91は、変調色モザイク画像M<sub>g</sub>、および色差信号C、Dの注目画素に対応する画素値を次式(2)に適用して輝度候補画像L<sub>c</sub>の注目画素に対応する画素値を算出する。

$$L_c = 3M_g + C + D \quad \dots (2)$$

ステップS73において、注目画素の色の種類がBであると判定された場合、処理はステップS76に進む。ステップS76において、輝度算出部91は、変

WO 02/056603

PCT/JP02/00035

36

調色モザイク画像  $M_g$ 、および色差信号  $C$ 、 $D$  の注目画素に対応する画素値  $M_g$ 、 $C$ 、 $D$  を次式 (3) に適用して輝度候補画像  $L_c$  の注目画素に対応する画素値を算出する。

$$L_c = 3M_g + C - 2D \quad \dots (3)$$

- 5    なお、式 (1) 乃至 (3) において、 $L_c$ 、 $M_g$ 、 $C$ 、 $D$  は、それぞれ、注目画素に対応する輝度候補画像  $L_c$ 、変調色モザイク画像  $M_g$ 、色差信号  $C$ 、色差画像  $D$  の画素値である。

- 処理はステップ  $S71$  に戻り、全ての画素を注目画素としたと判定されるまで、ステップ  $S71$  乃至  $S76$  の処理が繰り返される。ステップ  $S71$  において、  
10    全ての画素を注目画素としたと判定された場合、処理はステップ  $S77$  に進む。

以上説明したステップ  $S71$  乃至  $S76$  の処理によって生成された輝度候補画像  $L_c$  はノイズ除去部 92 に供給される。

- ステップ  $S77$  において、ノイズ除去部 92 は、変調色モザイク画像  $M_g$  の全ての画素を注目画素としたか否かを判定し、全ての画素を注目画素としていない  
15    と判定した場合、ステップ  $S78$  に進む。ステップ  $S78$  において、ノイズ除去部 92 は、変調色モザイク画像  $M_g$  の左下の画素から右上の画素まで、順次 1 画素ずつ注目画素に決定する。

- ステップ  $S79$  において、ノイズ除去部 92 は、注目画素の上下左右に位置する画素の画素値 (輝度候補値) を次式 (4) に適用して、注目画素に対応する勾配  $\nabla$  (グラディエント) を算出する。なお、勾配  $\nabla$  は、画像の水平方向と垂直方向の 1 次微係数を要素とするベクトルである。また、注目画素の上下左右に位置する画素の画素値 (輝度候補値) を、それぞれ  $L_c(U)$ 、 $L_c(D)$ 、 $L_c(L)$ 、 $L_c(R)$  とする。

$$\text{勾配 } \nabla = (L_c(R) - L_c(L), L_c(U) - L_c(D)) \dots (4)$$

- 25    ステップ  $S80$  において、ノイズ除去部 92 は、注目画素の上下左右に位置する画素の画素値 (輝度候補値) を次式 (5)、(6) に適用して、注目画素に対応する水平方向の平滑化成分  $H_h$  と垂直方向の平滑化成分  $H_v$  を算出する。

WO 02/056603

PCT/JP02/00035

37

$$H_h = (L_c(L) + L_c(R)) / 2 \quad \dots (5)$$

$$H_v = (L_c(U) + L_c(D)) / 2 \quad \dots (6)$$

- ステップ S 8 1 において、ノイズ除去部 9 2 は、ステップ S 7 9 で算出した注目画素に対応する勾配  $\nabla$  の絶対値  $\|\nabla\|$  に対応して、水平方向の平滑化寄与率  $w_h$  と垂直方向の平滑化寄与率  $w_v$  を算出する。

- 具体的には、勾配  $\nabla$  の絶対値が 0 よりも大きい場合、次式 (7) に示すように、正規化した勾配  $\nabla / \|\nabla\|$  とベクトル (1, 0) との内積の絶対値を 1 から減算して水平方向の平滑化寄与率  $w_h$  を得る。また、次式 (8) に示すように、正規化した勾配  $\nabla / \|\nabla\|$  とベクトル (0, 1) との内積の絶対値を 1 から減算して
- 10 垂直方向の平滑化寄与率  $w_v$  を得る。

$$w_h = 1 - |(\nabla / \|\nabla\|, (1, 0))| \quad \dots (7)$$

$$w_v = 1 - |(\nabla / \|\nabla\|, (0, 1))| \quad \dots (8)$$

勾配  $\nabla$  の絶対値が 0 である場合、水平方向の平滑化寄与率  $w_h$  および垂直方向の平滑化寄与率  $w_v$  を、それぞれ 0. 5 とする。

- 15 ステップ S 8 2 において、ノイズ除去部 9 2 は、次式 (9) を用いて注目画素に対応する輝度画像 L の画素値 (輝度値) を算出する。

$$L = L_c + (w_h \cdot H_h + w_v \cdot H_v) / (w_h + w_v) \quad \dots (9)$$

なお、式 (9) において、 $L_c$ ,  $L$  は、それぞれ、注目画素に対応する輝度候補画像  $L_c$ 、輝度画像 L の画素値である。

- 20 処理はステップ S 7 7 に戻り、全ての画素を注目画素としたと判定されるまで、ステップ S 7 7 乃至 S 8 2 の処理が繰り返される。ステップ S 7 7 において、全ての画素を注目画素としたと判定された場合、処理は図 5 5 のステップ S 5 4 にリターンする。

- ステップ S 5 4 において、色空間変換部 7 5 は、色差画像 C, D、および輝度
- 25 画像 L に色空間変換処理を施すことにより、各画素がそれぞれ RGB 成分を有する変調画像を生成して階調逆変換部 7 6 乃至 7 8 に供給する。

色空間変換処理の詳細について、図 5 8 のフローチャートを参照して説明する。

WO 02/056603

PCT/JP02/00035

38

ステップS 9 1において、色空間変換部 7 5は、輝度画像 L (色差画像 C、または色差画像 D でもよい) の全ての画素を注目画素としたか否かを判定し、全ての画素を注目画素としていないと判定した場合、ステップ S 9 2に進む。ステップ S 9 2において、色空間変換部 7 5は、輝度画像 L の左下の画素から右上の画素 5 まで、順次 1 画素ずつ注目画素に決定する。

ステップ S 9 3において、色空間変換部 7 5は、注目画素に対応する輝度画像 L、色差画像 C、および色差画像 D の画素値を次式 (1 0)、(1 1)、(1 2) に適用して、注目画素に対応する変調画像の R 成分の値  $R_g$ 、G 成分の値  $G_g$ 、B 成分の値  $B_g$  を算出する。

$$\begin{aligned} 10 \quad R_g &= (L + 2C - D) / 3 && \dots (10) \\ G_g &= (L - C - D) / 3 && \dots (11) \\ B_g &= (L - C + 2D) / 3 && \dots (12) \end{aligned}$$

なお、式 (1 0) 乃至 (1 2) において、L、C、D は、それぞれ、注目画素に対応する輝度画像 L、色差信号 C、色差画像 D の画素値である。

15 処理はステップ S 9 1に戻り、全ての画素を注目画素としたと判定されるまで、ステップ S 9 1乃至 S 9 3の処理が繰り返される。ステップ S 9 1において、全ての画素を注目画素としたと判定された場合、処理は図 5 5のステップ S 5 5にリターンする。

ステップ S 5 5において、階調逆変換部 7 6は、色空間変換部 7 5から供給された変調画像の各画素の R 成分に対し、ステップ S 5 1の階調変換処理に対応する階調逆変換処理を施すこと (具体的には、画素値を  $1/\gamma$  乗すること) によって出力画像 R を生成する。同様に、階調逆変換部 7 7は、色空間変換部 7 5から供給された変調画像の各画素の G 成分に対し、ステップ S 5 1の階調変換処理に対応する階調逆変換処理を施すことによって出力画像 G を生成する。階調逆変換部 7 8は、色空間変換部 7 5から供給された変調画像の各画素の B 成分に対し、ステップ S 5 1の階調変換処理に対応する階調逆変換処理を施すことによって出力画像 B を生成する。以上説明したような色補間処理によって、出力画像 R、G、



WO 02/056603

PCT/JP02/00035

39

B Gが生成される。

以上により、図45に示した画像処理部7の第1の構成例による第1のデモザイク処理についての説明を終了する。

次に、図46に示した感度均一化部51の第2の構成例の代わりに用いること  
5 ができる感度均一化部51の第2の構成例について、図59を参照して説明する。

当該第2の構成例は、図35、図38、および図39を参照して説明した第1のデモザイク処理における第2の感度均一化処理を感度均一化部51が実行するための構成例である。

以下、色・感度モザイク画像は、図14の色・感度モザイクパターンP10、図  
10 15の色・感度モザイクパターンP1等のように、画素の色は3原色RGBのうちのいずれかの色であり、感度は4段階S0、S1、S2、S3のうちのいずれかの感度であるとして説明する。ただし、以下に説明する構成や動作は、RGB以外の3色から成る色・感度モザイク画像や、4色から成る色・感度モザイク画像に適用することも可能である。また、感度が2段階、または3段階である色・  
15 感度モザイクパターンに適用することが可能である。

感度均一化部51の第2の構成例において、撮像系からの色・感度モザイク画像、色モザイクパターン情報、および感度モザイクパターン情報は、補間部101-1乃至101-4に供給される。

補間部101-1は、色・感度モザイク画像の各画素の色を変更せずに感度S  
20 0の補間処理を施し、得られる感度S0に対応する補間値を加算器102に出力する。補間部101-2は、色・感度モザイク画像の各画素の色を変更せずに感度S1の補間処理を施し、得られる感度S1に対応する補間値を加算器102に出力する。補間部101-3は、色・感度モザイク画像の各画素の色を変更せずに感度S2の補間処理を施し、得られる感度S2に対応する補間値を加算器10  
25 2に出力する。補間部101-4は、色・感度モザイク画像の各画素の色を変更せずに感度S3の補間処理を施し、得られる感度S3に対応する補間値を加算器102に出力する。

WO 02/056603

PCT/JP02/00035

40

加算器102は、補間部101-1乃至101-4から入力される感度S0乃至S3の補間値を画素毎に加算し、その和を色モザイク候補画像の画素値として合成感度補償部103に供給する。

5 合成感度補償部103は、加算器102から供給される色モザイク候補画像の画素値を合成感度補償 LUT104に照らし合わせ、得られる値を画素値とする色モザイク画像Mを生成して色補間部52に供給する。合成感度補償 LUT104は、色モザイク候補画像の画素値をインデックスとして、色モザイク画像Mの画素値を取得できるようになされている。

10 図59に示した感度均一化部51の第2の構成例による、第1のデモザイク処理における第2の感度均一化処理について、図60のフローチャートを参照して説明する。

15 ステップS101において、補間部101-1乃至101-4は、色・感度モザイク画像の全ての画素を注目画素としたか否かを判定し、全ての画素を注目画素としていないと判定した場合、ステップS102に進む。ステップS102において、補間部101-1乃至101-4は、色・感度モザイク画像の左下の画素から右上の画素まで、順次1画素ずつ注目画素に決定する。

20 ステップS103において、補間部101-1乃至101-4は、色・感度モザイク画像の各画素の色を変更せずに補間処理を施すことにより、それぞれ感度S0、S1、S2、または感度S3に対応する補間値を生成して加算器102に出力する。

25 補間部101-1による感度S0の補間処理について、図61のフローチャートを参照して説明する。ステップS111において、補間部101-1は、色・感度モザイク画像の注目画素の近傍に位置する画素（例えば、注目画素を中心とする5×5画素）のうち、色が注目画素と同じであり、かつ、感度がS0である画素を検出し、検出した画素（以下、参照画素と記述する）の画素値を抽出する。ステップS112において、補間部101-1は、検出した参照画素の注目画素に対する相対的な位置に対応して予め設定されているフィルタ係数を、参照画素

WO 02/056603

PCT/JP02/00035

41

の数だけ取得する。ステップS113において、補間部101-1は、各参照画素の画素値と、対応するフィルタ係数とを乗算し、それらの積の総和を演算する。さらに、その積の総和を、用いたフィルタ係数の総和で除算して、その商を注目画素の感度S0に対応する補間値とする。処理は図60のステップS60に戻る。

- 5     なお、補間部101-2乃至101-3による感度S1乃至S3の補間処理は、上述した補間部101-1による感度S0の補間処理と同様であるので、その説明は省略する。

- 10     ステップS104において、加算器102は、補間部101-1乃至101-4から入力される注目画素に対応する感度S0乃至S3の補間値を加算し、その和を、注目画素に対応する色モザイク候補画像の画素値として合成感度補償部103に供給する。

ステップS105は、合成感度補償部103は、加算器102から供給された色モザイク候補画像の画素値を合成感度補償LUT104に照らし合わせ、得られた値を注目画素に対応する色モザイク画像Mの画素値とする。

- 15     処理は、ステップS101に戻り、全ての画素を注目画素としたと判定されるまで、ステップS101乃至105の処理が繰り返される。ステップS101において、全ての画素を注目画素としたと判定された場合、第1のデモザイク処理における第2の感度均一化処理は終了される。

- 20     なお、第2の感度均一化処理後においては、図55のフローチャートを参照して上述した色補間処理が実行される。

次に、上述した色差画像Cを生成する第1の処理(図56)の代わりに、色差画像生成部72が実行可能な色差画像Cを生成する第2の処理について、図62のフローチャートを参照して説明する。

- 25     ステップS121において、平滑化部81, 82は、変調色モザイク画像Mgの全ての画素を注目画素としたか否かを判定し、全ての画素を注目画素としていないと判定した場合、ステップS122に進む。ステップS122において、平滑化部81, 82は、変調色モザイク画像Mgの左下の画素から右上の画素まで、

WO 02/056603

PCT/JP02/00035

42

順次 1 画素ずつ注目画素に決定する。

ステップ S 1 2 3 において、平滑化部 8 1 は、注目画素に対応する画像勾配ベクトル  $g$  を演算する。

画像勾配ベクトル演算処理の詳細について、図 6 3 のフローチャートを参照して説明する。当該画像勾配ベクトル演算処理においては、色モザイク画像  $M_g$  の全ての画素のうち、所定の 1 種類の色の画素だけを用いて画像勾配ベクトル  $g$  を演算する。

なお、所定の 1 種類の色の選択は任意であるが、例えば、色モザイク画像  $M_g$  の色モザイクパターンがベイア配列をなしている場合、G 成分を有する画素は、R 成分を有する画素や B 成分を有する画素に比較して 2 倍存在するので、1 種類の色を G とすることが理にかなっている。したがって、以下、色モザイク画像  $M_g$  の色モザイクパターンがベイア配列をなしており、かつ、所定の 1 種類の色を G に選択したとして仮定して説明を継続する。

ステップ S 1 4 1 において、平滑化部 8 1 は、注目画素の色が G であるか否かを判定し、注目画素の色が G であると判定した場合、ステップ S 1 4 2 に進む。この場合、注目画素の上下左右に位置する 4 画素の色は G ではなく、かつ、注目画素の斜め方向に隣接する 4 画素の色が G である。

ステップ S 1 4 2 において、平滑化部 8 1 は、注目画素の上下左右に位置する 4 画素にそれぞれ対応する G 成分の値  $G(U)$ 、 $G(D)$ 、 $G(L)$ 、 $G(R)$  を、注目画素の左上に隣接する G 成分を有する画素の画素値  $G(LU)$ 、注目画素の左下に隣接する G 成分を有する画素の画素値  $G(LD)$ 、注目画素の右上に隣接する G 成分を有する画素の画素値  $G(RU)$ 、および、注目画素の右下に隣接する G 成分を有する画素の画素値  $G(RD)$  を次式 (13) 乃至次式 (16) に適用して補間する。

$$G(U) = (G(LU) + G(RU)) / 2 \quad \dots (13)$$

$$G(D) = (G(LD) + G(RD)) / 2 \quad \dots (14)$$

$$G(L) = (G(LU) + G(LD)) / 2 \quad \dots (15)$$

WO 02/056603

PCT/JP02/00035

43

$$G(R) = (G(RU) + G(RD)) / 2 \quad \dots (16)$$

ステップS143において、平滑化部81は、注目画素の上下左右に位置する4画素にそれぞれ対応するG成分の値 $G(U)$ ,  $G(D)$ ,  $G(L)$ ,  $G(R)$ を、次式(17)乃至次式(19)に適用してベクトル $g'$ を算出し、次式(20)

- 5 のように正規化して勾配ベクトル $g$ を算出する。

$$g_h = G(R) - G(L) \quad \dots (17)$$

$$g_v = G(U) - G(D) \quad \dots (18)$$

$$g' = (g_h, g_v) \quad \dots (19)$$

$$g = g' / \|g'\| \quad \dots (20)$$

- 10 なお、ステップS141において、注目画素の色がGではないと判定された場合、処理はステップS144に進む。この場合、注目画素の上下左右に位置する4画素の色はGである。

ステップS144において、注目画素の上下左右に位置する4画素の画素値を取得して、それぞれを値 $G(U)$ ,  $G(D)$ ,  $G(L)$ ,  $G(R)$ に代入する。

15

以上のように注目画素に対応する画像勾配ベクトル $g$ を演算する。なお、色モザイク画像 $M_g$ の色モザイクパターンがベイヤ配列をなしていない場合においても、類似した処理によって画像勾配ベクトル $g$ を演算することができる。

処理は図62のステップS124にリターンする。

- 20 ステップS124において、平滑化部81は、色モザイクパターン情報を参照することにより、注目画素の近傍の画素（例えば、注目画素を中心とする $5 \times 5$ 画素）のうち、R成分を有する画素を検出し、検出した画素（以下、参照画素と記述する）の画素値を抽出する。一方、平滑化部82も同様に、色モザイクパターン情報を参照することにより、注目画素の近傍の画素のうち、G成分を有する
- 25 画素を検出し、検出した画素の画素値を抽出する。

ステップS125において、平滑化部81は、注目画素からR成分を有する各参照画素までの位置ベクトル $n$ をそれぞれ算出して正規化する。一方、平滑化部

WO 02/056603

PCT/JP02/00035

44

82も同様に、注目画素からG成分を有する各参照画素までの位置ベクトル $n$ をそれぞれ算出して正規化する。

ステップS126において、平滑化部81は、次式(21)に示すように、R成分を有する参照画素毎に、注目画素の勾配ベクトル $g$ と位置ベクトル $n$ との内積の絶対値を1から除算し、その差の $\rho$ 乗を演算することにより、当該参照画素に対する重要度 $\omega$ を算出する。一方、平滑化部82も同様に、G成分を有する参照画素毎に重要度 $\omega$ を算出する。ここで、 $\rho$ は、方向選択の先鋭度を調整するための定数であり、予め設定されている。

$$\omega = (1 - |(n, g)|)^{\rho} \quad \dots (21)$$

10 ステップS127において、平滑化部81は、R成分を有する参照画素の注目画素に対する相対的な位置に対応して予め設定されているフィルタ係数を、参照画素の数だけ取得する。一方、平滑化部82も同様に、G成分を有する参照画素の注目画素に対する相対的な位置に対応して予め設定されているフィルタ係数を、参照画素の数だけ取得する。

15 ステップS128において、平滑化部81は、R成分を有する各参照画素の画素値と、対応するフィルタ係数および重要度 $\omega$ を乗算し、それらの積の総和を演算する。さらに、各参照画素に対応するフィルタ係数と重要度 $\omega$ とを乗算し、それらの積の総和を演算する。一方、平滑化部82も同様に、G成分を有する各参照画素の画素値と、対応するフィルタ係数および重要度 $\omega$ を乗算し、それらの積の総和を演算する。さらに、各参照画素に対応するフィルタ係数と重要度 $\omega$ とを乗算し、それらの積の総和を演算する。

25 ステップS129において、平滑化部81は、ステップS128で演算したR成分を有する各参照画素の画素値、対応するフィルタ係数、および重要度 $\omega$ の積の総和を、各参照画素に対応するフィルタ係数および重要度 $\omega$ の積の総和で除算して、その商を平滑化されたR成分だけの画像 $R'$ の注目画素に対応する画素値とする。一方、平滑化部82も同様に、平滑化部82は、ステップS128で演算したG成分を有する各参照画素の画素値、対応するフィルタ係数、および重要

WO 02/056603

PCT/JP02/00035

45

度 $\omega$ の積の総和を、各参照画素に対応するフィルタ係数および重要度 $\omega$ の積の総和で除算して、その商を平滑化されたG成分だけの画像G'の注目画素に対応する画素値とする。

ステップS130において、減算器83は、平滑化部81からの平滑化された  
5 R成分だけの画像R'の注目画素に対応する画素値から、平滑化部82からの平滑化されたG成分だけの画像G'の注目画素に対応する画素値を減算し、その差を色差画像Cの注目画素の画素値とする。

処理は、ステップS121に戻り、全ての画素を注目画素としたと判定されるまで、ステップS121乃至130の処理が繰り返される。ステップS121に  
10 において、全ての画素を注目画素としたと判定された場合、当該色差画像生成処理を終了して、図55のステップS53にリターンする。

なお、色差画像生成部73が色差画像Dを生成する処理は、上述した色差画像生成部72が色差画像Cを生成する第2の処理と同様であるので、その説明は省略する。

15 色差画像Cを生成する第2の処理では、画像内の物体の輪郭を検出し、輪郭に平行して平滑化を実行するようにしたので、色差画像Cを生成する第1の処理と比較して色モアレの発生を抑止することができる。

次に、第2のデモザイク処理を主に実行する画像処理部7の第2の構成例について、図64を参照して説明する。画像処理部7の第2の構成例において、撮像  
20 系からの色・感度モザイク画像、色・感度モザイク画像の色モザイク配列を示す色モザイクパターン情報、および色・感度モザイク画像の感度モザイク配列を示す感度モザイクパターン情報は、感度均一化部111に供給される。

感度均一化部111は、色モザイクパターン情報および感度モザイクパターン情報に基づき、色・感度モザイク画像に感度均一化処理を施し、得られる感度が  
25 均一化された色モザイク画像Mを色補間部52に出力する。ただし、得られる色モザイク画像Mの色モザイク配列は、元の色・感度モザイク画像の色モザイク配列とは必ずしも同じではないので、感度均一化部111は、色モザイクパターン

WO 02/056603

PCT/JP02/00035

46

情報を更新して色補間部 1 1 2 に供給する。

色補間部 1 1 2 は、感度均一化部 1 1 1 からの色モザイク画像 M に対し、図 4 5 の色補間部 5 2 と同様に、色モザイクパターン情報を用いる色補間処理を施すことによって出力画像 R, G, B を生成する。

- 5 図 6 5 は、感度均一化部 1 1 1 の第 1 の構成例を示している。当該第 1 の構成例は、図 3 5、図 4 1 および図 4 2 を参照して説明した第 2 のデモザイク処理における第 1 の感度均一化処理を実行する感度均一化部 1 1 1 の構成例である。

- 感度均一化部 1 1 1 の第 1 の構成例において、撮像系からの色・感度モザイク画像は、感度補償部 1 2 1 および有効性判別部 1 2 3 に供給される。色モザイク  
10 パターン情報は、欠落補間部 1 2 4 に供給される。感度モザイクパターン情報は、感度補償部 1 2 1 および有効性判別部 1 2 3 に供給される。

- 感度補償部 1 2 1 は、相対感度値 LUT 1 2 2 から得られる相対感度値 S に基づき、色・感度モザイク画像に感度補償を施して欠落補間部 1 2 4 に出力する。相  
15 対感度値 LUT 1 2 2 は、画素の感度をインデックスとして、相対感度値 S を出力するルックアップテーブルである。

有効性判別部 1 2 3 は、色・感度モザイク画像の各画素の画素値を、飽和レベルの閾値  $\theta_H$  およびノイズレベルの  $\theta_L$  と比較することによって画素値の有効性を判別し、その結果を判別情報として欠落補間部 1 2 4 に供給する。判別情報には、各画素の画素値について有効または無効を示す情報が記述されている。

- 20 欠落補間部 1 2 4 は、有効性判別部 1 2 3 からの判別情報に基づき、感度補償された色・感度モザイク画像の全画素のうち、判別情報が有効である画素の画素値はそのまま用い、判別情報が無効である画素に対しては、感度補償された色・感度モザイク画像のなかに最も多く存在する色を有する画素の画素値を用いて、その色成分の画素値を補間する。このように、最も多く存在する色を有する画素  
25 の画素値を用いることによって、より高周波成分が復元し易くなる。さらに、欠落補間部 1 2 4 は、生成した色モザイク画像 M の色モザイク配列に対応して色モザイクパターン情報を更新し、色補間部 1 1 2 に出力する。



WO 02/056603

PCT/JP02/00035

47

次に、図64に示した画像処理部7の第2の構成例が主に実行する第2のデモザイク処理について説明するが、その大部分は、上述した第1のデモザイク処理と同様である。よって、上述した第1のデモザイク処理と異なる処理、すなわち、感度均一化部111を構成する欠落補間部124の欠落補間処理について、図656のフローチャートを参照して説明する。以下、色・感度モザイク画像のなかにはG成分を有する画素が最も多く存在すると仮定する。ただし、他の色成分を有する画素が最も多く存在する場合においても同様に処理することができる。

ステップS151において、欠落補間部124は、感度補償された色・感度モザイク画像の全ての画素を注目画素としたか否かを判定し、全ての画素を注目画素としていないと判定した場合、ステップS152に進む。ステップS152において、欠落補間部124は、感度補償された色・感度モザイク画像の左下の画素から右上の画素まで、順次1画素ずつ注目画素に決定する。

ステップS153において、欠落補間部124は、注目画素の判別情報が無効であるか否かを判定し、注目画素の判別情報が無効であると判定した場合、ステップS154に進む。

ステップS154において、欠落補間部124は、色モザイクパターン情報を参照し、注目画素の近傍の画素（例えば、注目画素を中心とする5×5画素）のうち、G成分を有する画素であって、かつ、判別情報が有効である画素を検出し、検出した画素（以下、参照画素と記述する）の画素値を抽出する。また、欠落補間部124は、参照画素の注目画素に対する相対的な位置に対応して予め設定されているフィルタ係数を、参照画素の数だけ取得する。さらに、欠落補間部124は、各参照画素の画素値と、対応するフィルタ係数を乗算し、それらの積の総和を演算する。さらに、その積の総和を、用いたフィルタ係数の総和で除算して、その商を色モザイク画像Mの注目画素の画素値とする。

ステップS155において、欠落補間部124は、色モザイクパターン情報における注目画素の色をGに更新する。

なお、ステップS153において、注目画素の判別情報が無効ではないと判定

WO 02/056603

PCT/JP02/00035

48

された場合、ステップS154、およびステップS155の処理はスキップされる。

処理は、ステップS151に戻り、全ての画素を注目画素としたと判定されるまで、ステップS151乃至155の処理が繰り返される。ステップS151において、全ての画素を注目画素としたと判定された場合、当該欠落補間処理は終了され、得られた色モザイク画像M、および更新された色モザイクパターン情報は、後段の色補間部112に供給される。

次に、図65に示した感度均一化部111の第1の構成例の代わりに用いることができる感度均一化部111の第2の構成例について、図67を参照して説明する。

当該第2の構成例は、図35、図43、および図44を参照して説明した第2のデモザイク処理における第2の感度均一化処理を感度均一化部111が実行するための構成例である。

以下、色・感度モザイク画像は、図14の色・感度モザイクパターンP10、図15の色・感度モザイクパターンP1等のように、画素の色は3原色RGBのうちのいずれかの色であり、感度は4段階S0、S1、S2、S3のうちのいずれかの感度であるとして説明する。ただし、以下に説明する構成や動作は、RGB以外の3色から成る色・感度モザイク画像や、4色から成る色・感度モザイク画像に適用することも可能である。また、感度が2段階、または3段階である色・感度モザイクパターンに適用することが可能である。

感度均一化部111の第2の構成例において、撮像系からの色・感度モザイク画像、色モザイクパターン情報、および感度モザイクパターン情報は、補間部132-1乃至132-4に供給される。色モザイクパターン情報は、補間色決定部131にも供給される。

補間色決定部131は、色モザイクパターン情報に基づき、補間部132-1乃至132-3で補間する補間値の色（補間色）を指定する。また、補間色決定部131は、補間色の決定に対応して色モザイクパターン情報を更新する。

WO 02/056603

PCT/JP02/00035

49

補間部131-1は、補間色決定部131からの補間色の指定に対応して、色・感度モザイク画像に感度S0の補間処理を施し、得られる感度S0に対応する補間値を加算器133に出力する。補間部131-2は、補間色決定部131からの補間色の指定に対応して、色・感度モザイク画像に感度S1の補間処理を施し、  
5 得られる感度S1に対応する補間値を加算器133に出力する。補間部131-3は、補間色決定部131からの補間色の指定に対応して、色・感度モザイク画像に感度S2の補間処理を施し、得られる感度S2に対応する補間値を加算器133に出力する。補間部131-4は、補間色決定部131からの補間色の指定に対応して、色・感度モザイク画像に感度S3の補間処理を施し、得られる感度  
10 S3に対応する補間値を加算器133に出力する。

加算器133は、補間部132-1乃至132-4から入力される感度S0乃至S3の補間値を画素毎に加算し、その和を色モザイク候補画像の画素値として合成感度補償部134に供給する。

合成感度補償部134は、加算器133から供給される色モザイク候補画像の  
15 画素値を合成感度補償 LUT135に照らし合わせ、得られる値を画素値とする色モザイク画像を生成して色補間部112に供給する。合成感度補償 LUT135は、色モザイク候補画像の画素値をインデックスとして、色・感度モザイク画像Mの画素値を取得できるようになされている。

図67に示した感度均一化部111の第2の構成例による、第2のデモザイク  
20 処理における第2の感度均一化処理について、図68のフローチャートを参照して説明する。

ステップS161において、補間部132-1乃至132-4は、色・感度モザイク画像の全ての画素を注目画素としたか否かを判定し、全ての画素を注目画素としていないと判定した場合、ステップS162に進む。ステップS162に  
25 において、補間部132-1乃至132-4は、色・感度モザイク画像の左下の画素から右上の画素まで、順次1画素ずつ注目画素に決定する。

ステップS163において、補間色決定部131は、色モザイクパターン情報

WO 02/056603

PCT/JP02/00035

50

に基づく補間色決定処理を実行し、得られた注目画素の補間色を補間部132-1乃至132-4に通知する。

補間色決定部131の補間色決定処理の詳細について、図69のフローチャートを参照して説明する。なお、当該補間色決定処理は、注目画素により近傍の画素を用いて注目画素の画素値を補間することを目的とし、色・感度モザイク画像の色モザイク配列がベイヤ配列をなしていると仮定する。

ステップS171において、補間色決定部131は、色モザイクパターン情報を参照することにより、注目画素の色を判定する。

ステップS171において、注目画素の色がGであると判定された場合、ステップS172に進む。この場合、注目画素の斜め方向に隣接する4画素の色もGである。ステップS172において、補間色決定部131は、注目画素の補間色をGに決定し、補間部132-1乃至132-4に通知する。さらに、補間色決定部131は、注目画素に対応する色モザイクパターン情報をGに更新する。

ステップS171において、注目画素の色がRであると判定された場合、ステップS173に進む。この場合、注目画素の斜め方向に隣接する4画素の色はBである。ステップS173において、補間色決定部131は、注目画素の補間色をBに決定し、補間部132-1乃至132-4に通知する。さらに、補間色決定部131は、注目画素に対応する色モザイクパターン情報をBに更新する。

ステップS171において、注目画素の色がBであると判定された場合、ステップS174に進む。この場合、注目画素の斜め方向に隣接する4画素の色はRである。ステップS174において、補間色決定部131は、注目画素の補間色をRに決定し、補間部132-1乃至132-4に通知する。さらに、補間色決定部131は、注目画素に対応する色モザイクパターン情報をRに更新する。

以上説明した補間色決定処理によれば、色モザイク配列がベイヤ配列をなす色・感度モザイク画像のRとBを入れ替えるように、注目画素の補間色を指定するので、更新された色モザイクパターン情報もベイヤ配列をなすことが維持される。

WO 02/056603

PCT/JP02/00035

51

処理は図68のステップS164にリターンする。

ステップS164において、補間部132-1乃至132-4は、補間色決定部131からの補間色の指定に対応し、色・感度モザイク画像に補間処理を施すことにより、それぞれ感度S0, S1, S2、または感度S3に対応する補間値5を生成して加算器133に出力する。

具体的には、例えば、補間部132-1は、色・感度モザイク画像の注目画素の近傍に位置する画素（例えば、注目画素を中心とする5×5画素）のうち、補間色指定部131から指定された色を有し、かつ、感度がS0である画素を検出し、検出した画素（以下、参照画素と記述する）の画素値を抽出する。また、補間部132-1は、検出した参照画素の注目画素に対する相対的な位置に対応して予め設定されているフィルタ係数を、参照画素の数だけ取得する。さらに、補間部132-1は、各参照画素の画素値と、対応するフィルタ係数とを乗算し、それらの積の総和を演算する。さらに、その積の総和を、用いたフィルタ係数の総和で除算して、その商を注目画素の感度S0に対応する補間値とする。

15    なお、補間部132-2乃至132-3による感度S1乃至S3の補間処理は、上述した補間部132-1による感度S0の補間処理と同様であるので、その説明は省略する。

ステップS165において、加算器133は、補間部132-1乃至132-4から入力される注目画素に対応する感度S0乃至S3の補間値を加算し、その和を注目画素に対応する色モザイク候補画像の画素値として合成感度補償部133に供給する。

ステップS166は、合成感度補償部134は、加算器133から供給された色モザイク候補画像の画素値を合成感度補償 LUT135に照らし合わせ、得られた値を注目画素に対応する色モザイク画像Mの画素値とする。

25    処理は、ステップS161に戻り、全ての画素を注目画素としたと判定されるまで、ステップS161乃至166の処理が繰り返される。ステップS161において、全ての画素を注目画素としたと判定された場合、第2のデモザイク処理

WO 02/056603

PCT/JP02/00035

52

における第 2 の感度均一化処理は終了される。

なお、第 2 のデモザイク処理における第 2 の感度均一化処理により得られた色モザイク画像 M に対しては、色補間部 112 によって色補間処理が施されるが、その処理は図 55 のフローチャートを参照して上述した色補間処理と同様である  
5    ので説明は省略する。

次に、図 70 は、画像処理部 7 を中心とする画像処理系の第 3 のデモザイク処理の概要を示している。

第 3 のデモザイク処理は、図 70 に示すように、撮像部の処理によって得られた色・感度モザイク画像の画素の感度を変更することなく、各画素の RGB 成分  
10    を補間して R 成分の感度モザイク画像 MsR、G 成分の感度モザイク画像 MsG、および B 成分の感度モザイク画像 MsB を生成する感度別色補間処理と、R 成分の感度モザイク画像、G 成分の感度モザイク画像、および B 成分の感度モザイク画像のそれぞれの感度を均一化して出力画像 R、G、B を生成する感度均一化処理から成る。

15    第 3 のデモザイク処理における感度別色補間処理は、色・感度モザイク画像から同一の感度の画素だけを抽出する抽出処理と、抽出処理で抽出された画素の RGB 成分の画素値を補間する色補間処理と、色補間処理で補間された画素値を RGB 成分毎に合成して感度モザイク画像を生成する挿入処理からなる。

例えば、抽出処理では、色・感度モザイク画像から、感度 S1 の画素だけが抽出  
20    出されて、画素が市松状に配置された色モザイク画像 McS1 が生成される。色補間処理では、色モザイク画像 McS1 から、感度 S1 であって R 成分を有する画素が市松状に配置された画像 Rs1、感度 S1 であって G 成分を有する画素が市松状に配置された画像 Gs1、および感度 S1 であって B 成分を有する画素が市松状に配置された画像 Bs1 が生成される。

25    例えば、挿入処理では、色補間処理によって生成された画像 RS0 と、画像 RS1 が組み合わされて、感度モザイク画像 MsR が生成される。

次に、第 3 のデモザイク処理を主に実行する画像処理部 7 の第 3 の構成例につ

WO 02/056603

PCT/JP02/00035

53

いて、図 7 3 を参照して説明する。

画像処理部 7 の第 3 の構成例において、撮像系からの色・感度モザイク画像は、感度別色補間部 1 5 1 に供給される。色・感度モザイク画像の色モザイク配列を示す色モザイクパターン情報は、感度別色補間部 1 5 1 に供給される。色・感度モザイク画像の感度モザイク配列を示す感度モザイクパターン情報は、感度別色補間部 1 5 1、および感度均一化部 1 5 2 乃至 1 5 4 に供給される。

なお、以下、特に断りがある場合を除き、色・感度モザイク画像は、図 7 の色・感度モザイクパターン P 3 であるとする。すなわち、画素の色は 3 原色 RGB のうちのいずれかの色であり、感度は S 0、S 1 のうちの一方であって、さらに、色に拘わらず感度 S 0 の画素だけに注目すれば、それらは格子状（市松状）に配置されている。同様に、感度 S 1 の画素の格子状（市松状）に配置されている。

ただし、以下に説明する構成や動作は、RGB 以外の 3 色から成る色・感度モザイク画像や、4 色から成る色・感度モザイク画像に適用することも可能である。

感度別色補間部 1 5 1 は、色・感度モザイク画像に感度別色補間処理を施し、得られる R 成分の感度モザイク画像 MsR、G 成分の感度モザイク画像 MsG、および B 成分の感度モザイク画像 MsB を、それぞれ対応する感度均一化部 1 5 2 乃至 1 5 4 に供給する。

感度均一化部 1 5 2 は、R 成分の感度モザイク画像 MsR に感度均一化処理を施すことによって出力画像 R を生成する。感度均一化部 1 5 3 は、G 成分の感度モザイク画像 MsG に感度均一化処理を施すことによって出力画像 G を生成する。感度均一化部 1 5 4 は、B 成分の感度モザイク画像 MsB に感度均一化処理を施すことによって出力画像 B を生成する。

図 7 4 は、感度別色補間部 1 5 1 の構成例を示している。感度別色補間部 1 5 1 において、色・感度モザイク画像、色モザイクパターン情報、および感度モザイクパターン情報は、抽出部 1 6 1 に供給される。

抽出部 1 6 1 は、色・感度モザイク画像に対して、感度 S i（いまの場合、i = 0、1）の抽出処理を施し、得られる感度 S i の画素からなる色モザイク画像

WO 02/056603

PCT/JP02/00035

54

McSi を色補間部 162 に供給する。なお、色モザイク画像 McSi は、元の色・感  
度モザイク画像の  $x y$  座標系とは異なる  $s t$  座標系を用いて表現されるで画像で  
ある (詳細は図 78 および図 79 を参照して後述する)。また、抽出部 161 は、  
色モザイク画像 McSi の色モザイク配列を示す感度  $S_i$  の色モザイクパターン情  
5 報を生成し、色補間部 162 に供給する。さらに、抽出部 161 は、色モザイク  
画像 McSi と元の色・感度モザイク画像との位置関係を保持する感度  $S_i$  の元位置  
情報を生成し、挿入部 163 乃至 165 に供給する。

色補間部 162 は、抽出部 161 からの色モザイク画像 McSi の全面素の RGB  
成分を補間し、得られる画像 Rsi, Gsi, Bsi をそれぞれ対応する挿入部 163 乃  
10 至 165 に供給する。画像 Rsi は、色モザイク画像 McSi の各画素に対応する R 成  
分の画素値からなる画像である。画像 Gsi は、色モザイク画像 McSi の各画素に対  
応する G 成分の画素値からなる画像である。画像 Bsi は、色モザイク画像 McSi  
の各画素に対応する B 成分の画素値からなる画像である。また、画像 Rsi, Gsi,  
Bsi は、色モザイク画像 McSi と同じ座標系によって表現される。なお、色補間部  
15 162 は、図 47 に示した色補間部 52 の構成例と同様に構成される。

挿入部 163 は、抽出部 161 から供給される感度  $S_i$  の元位置情報に基づき、  
色補間部 162 から感度の種類の数だけ供給される R 成分の画像 Rsi を組み合わ  
せて感度モザイク画像 MsR を生成し、感度均一化部 152 に供給する。挿入部 1  
64 は、抽出部 161 から供給される感度  $S_i$  の元位置情報に基づき、色補間部  
20 162 から感度の種類の数だけ供給される G 成分の画像 Gsi を組み合わせて感度  
モザイク画像 MsG を生成し、感度均一化部 153 に供給する。挿入部 165 は、  
抽出部 161 から供給される感度  $S_i$  の元位置情報に基づき、色補間部 162 か  
ら感度の種類の数だけ供給される B 成分の画像 Bsi を組み合わせて感度モザイク  
画像 MsB を生成し、感度均一化部 154 に供給する。

25 図 75 は、感度均一化部 152 の構成例を示している。感度均一化部 152 に  
おいて、感度別色補間部 151 の挿入部 163 から供給される感度モザイク画像  
MsR は、局所和算部 171 に供給される。局所和算部 171 は、感度モザイ



WO 02/056603

PCT/JP02/00035

55

ク画像 MsR の各画素に対し、その近傍の画素を用いる局所和算出処理を施し、得られる各画素に対応する局所和を合成感度補償部 172 に供給する。合成感度補償部 172 は、合成感度補償 LUT 173 に局所和を照らし合わせて対応する補償値を取得し、補償値を画素値として出力画像 R を生成する。合成感度補償 LUT 173 は、局所和をインデックスとして、対応する補償値を供給するようになされている。

なお、感度均一化部 153、154 の構成例は、図 75 に示した感度均一化部 152 の構成例と同様であるので、その説明は省略する。

次に、図 73 に示した画像処理部 7 の第 3 の構成例による第 3 のデモザイク処理について、図 76 にフローチャートを参照して説明する。

ステップ S181 において、感度別色補間部 151 は、色・感度モザイク画像に感度別色補間処理を施すことにより、R 成分の感度モザイク画像 MsR、G 成分の感度モザイク画像 MsG、および B 成分の感度モザイク画像 MsB を生成し、それぞれ対応する感度均一化部 152 乃至 154 に供給する。

感度別色補間部 151 の感度別色補間処理の詳細について、図 77 のフローチャートを参照して説明する。ステップ S191 において、抽出部 161 は、感度モザイクパターン情報に含まれる全ての感度（いまの場合、S0 および S1）を指定したか否かを判定し、全ての感度を指定していないと判定した場合、ステップ S192 に進む。

ステップ S192 において、抽出部 161 は、感度モザイクパターン情報に含まれる全ての感度のうちの 1 種類の感度を指定する。指定された感度を  $S_i$  とする。

ステップ S193 において、抽出部 161 は、色・感度モザイク画像の全ての画素のうち、感度  $S_i$  の画素だけを抽出し、感度  $S_i$  の色モザイク画像 McSi を生成して色補間部 162 に供給する。さらに、抽出部 161 は、色モザイク画像 McSi と元の色・感度モザイク画像との位置関係を保持する感度  $S_i$  の元位置情報を生成し、挿入部 163 乃至 165 に供給する。また、抽出部 161 は、色モザイク

WO 02/056603

PCT/JP02/00035

56

画像 McSi の色モザイク配列を示す感度  $S_i$  の色モザイクパターン情報を生成し、色補間部 162 に供給する。

ステップ S193 の処理の詳細について、図 78 および図 79 を参照して説明する。

- 5 抽出される感度  $S_i$  の画素は元の色・感度モザイク画像の画素間隔では抽出されないで、生成される感度  $S_i$  の色モザイク画像 McSi は、元の色・感度モザイク画像とは画素間隔、原点、向きが異なる格子に形成される。そこで、抽出部 61 は、色モザイク画像 McSi を生成すると同時に、元の色・感度モザイク画像の座標系と、色モザイク画像 McSi の座標系との対応関係を元に、画素毎に元の位置の
- 10 情報を参照できる元位置情報を生成する。

元の色・感度モザイク画像と生成する色モザイク画像 McSi の座標系の対応関係は、図 78 または図 79 に示すとおりである。同図において、元の色・感度モザイク画像は  $x-y$  座標系で表示され、色モザイク画像 McSi は  $s-t$  座標系で表示されている。また、色・感度モザイク画像の■は感度  $S_0$  の画素を示し、色・感度モザイク画像の□は感度  $S_1$  の画素を示している。このように  $x-y$  座標系に対して斜めに設定した  $s-t$  座標系を用いることにより、元の色・感度モザイク画像において市松状に配置された感度  $S_i$  の画素を、等間隔格子の画素配置として抽出できるようなされている。

- 図 78 を参照して、色・感度モザイク画像の■で示される感度  $S_0$  の画素を抽出する場合について説明する。例えば、図中の画素 A は、元の色・感度モザイク画像を表現する  $x-y$  座標系では  $(x_A, y_A)$  であり、生成される色モザイク画像 McSi を表現する  $s-t$  座標系では  $(s_A, t_A)$  である。 $(s_A, t_A)$  と  $(x_A, y_A)$  は、次式 (22) に示すような対応関係がある。

$$s_A = \{(x_A - 1) + y_A\} / 2$$

$$25 \quad t_A = \{(x_{m \times x} - 1 - x_A) + y_A\} / 2 \quad \dots (22)$$

抽出部 161 は、元の色・感度モザイク画像の感度  $S_0$  の画素の座標  $(x_A, y_A)$  を式 (22) に適用して、色モザイク画像 McSi での座標  $(s_A, t_A)$  を算

WO 02/056603

PCT/JP02/00035

57

出し、その座標に当該画素の値を用いて色モザイク画像 McSi を生成する。同時に、感度 S 0 の元位置情報には、座標  $(s_A, t_A)$  に対応して座標  $(x_A, y_A)$  を格納する。

図 7 9 を参照して、色・感度モザイク画像の□で示される感度 S 1 の画素を抽出する場合について説明する。例えば、図中の画素 B は、元の色・感度モザイク画像を表現する  $x y$  座標系では  $(x_B, y_B)$  であり、生成される色モザイク画像 McSi を表現する  $s t$  座標系では  $(s_B, t_B)$  である。 $(s_B, t_B)$  と  $(x_B, y_B)$  は、次式 (23) に示すような対応関係がある。

$$\begin{aligned} s_B &= (x_B + y_B) / 2 \\ 10 \quad t_B &= \{(x_{max} - 1 - x_B) + y_B\} / 2 \quad \dots (23) \end{aligned}$$

抽出部 161 は、元の色・感度モザイク画像の感度 S 1 の画素の座標  $(x_B, y_B)$  を式 (22) に適用して、色モザイク画像 McSi での座標  $(s_B, t_B)$  を算出し、その座標に当該画素の値を用いて色モザイク画像 McSi を生成する。同時に、感度 S 1 の元位置情報には、座標  $(s_B, t_B)$  に対応して座標  $(x_B, y_B)$  を格納する。

図 7 7 に戻り、ステップ S 194 において、色補間部 162 は、抽出部 161 からの色モザイク画像 McSi の全画素の RGB 成分を補間して、画像 Rsi, Gsi, Bsi を生成し、それぞれ対応する挿入部 163 乃至 165 に供給する。なお、色補間部 162 の処理の詳細については、図 5 5 を参照して説明した色補間部 52 の色補間処理と同様であるので、その説明は省略する。

処理はステップ S 191 に戻り、感度モザイクパターン情報に含まれる全ての感度を指定したと判定されるまで、ステップ S 191 乃至 S 194 に処理が繰り返される。ステップ S 191 において、感度モザイクパターン情報に含まれる全ての感度を指定したと判定された場合、処理はステップ S 195 に進む。

25 ステップ S 195 において、挿入部 163 は、抽出部 161 から供給された全ての元位置情報に基づき、色補間部 162 から感度の種類の数だけ供給された R 成分の画像 Rsi (いまの場合、画像 Rs0 と画像 Rs1) を組み合わせて感度モザイク

WO 02/056603

PCT/JP02/00035

58

画像 MsR を生成し、感度均一化部 152 に供給する。同様に、挿入部 164 は、感度モザイク画像 MsG を生成して感度均一化部 153 に供給し、挿入部 165 は、感度モザイク画像 MsB を生成して感度均一化部 154 に供給する。

処理は図 76 のステップ S182 にリターンする。ステップ S182 において、

5 感度均一化部 152 は、R 成分の感度モザイク画像 MsR に感度均一化処理を施すことによって出力画像 R を生成する。感度均一化部 153 は、G 成分の感度モザイク画像 MsG に感度均一化処理を施すことによって出力画像 G を生成する。感度均一化部 154 は、B 成分の感度モザイク画像 MsB に感度均一化処理を施すことによって出力画像 B を生成する。

10 感度均一化部 152 の感度均一化処理について、図 80 のフローチャートを参照して説明する。ステップ S201 において、局所和算出部 171 は、R 成分の感度モザイク画像 MsR の全ての画素を注目画素としたか否かを判定し、全ての画素を注目画素としていないと判定した場合、ステップ S202 に進む。ステップ S202 において、局所和算出部 171 は、感度モザイク画像 MsR の左下の画素

15 から右上の画素まで、順次 1 画素ずつ注目画素に決定する。

ステップ S203 において、局所和算出部 171 は、注目画素に対応する局所和を算出し、合成感度補償部 172 に供給する。具体的には、注目画素を中心とする 5×5 画素（以下、参照画素と記述する）の画素値が抽出され、それらの画素値と、参照画素の注目画素に対する相対的な位置に対応して予め設定されている

20 図 81 に示すようなフィルタ係数とがそれぞれ乗算され、それらの積の総和が演算される。さらに、その積の総和が、25 個のフィルタ係数の総和で除算されて、その商が注目画素に対応する局所和とされる。

ステップ S204 において、合成感度補償部 172 は、合成感度補償 LUT173 に局所和を照らし合わせて対応する補償値を取得し、補償値を注目画素に対応

25 する出力画像 R の画素値とする。

処理は、ステップ S201 に戻り、全ての画素を注目画素としたと判定されるまで、ステップ S201 乃至 S204 の処理が繰り返される。ステップ S201 に

WO 02/056603

PCT/JP02/00035

59

において、全ての画素を注目画素としたと判定された場合、感度均一化処理は終了され、図76にリターンする。

なお、感度均一化部153、154も、感度均一化部152の感度均一化処理と平行して同様の感度均一化処理を実行するが、その詳細な説明は省略する。

6 以上、画像処理部7の第3の構成例による第3のデモザイク処理の説明を終了する。

次に、画像処理部7を中心とする画像処理系の第4のデモザイク処理の概要について説明する。

第4のデモザイク処理は、撮像部の処理によって得られた色・感度モザイク画像から輝度画像を生成する輝度画像生成処理、および、色・感度モザイク画像と輝度画像を用いて出力画像R、G、Bを生成する単色画像処理から成る。

図82は、第4のデモザイク処理を主に実行する画像処理部7の第4の構成例を示している。

画像処理部7の第4の構成例において、撮像系からの色・感度モザイク画像、色・感度モザイク画像の色モザイク配列を示す色モザイクパターン情報、および、色・感度モザイク画像の感度モザイク配列を示す感度モザイクパターン情報は、輝度画像生成部181、並びに単色画像生成部182乃至184に供給される。

20 なお、以下、特に断りがある場合を除き、色・感度モザイク画像は、図6の色・感度モザイクパターンP2であるとする。すなわち、画素の色は3原色RGBのうちのいずれかの色であり、感度はS0、S1のうち的一方であって、さらに、感度に拘わらず色だけに注目すれば、それらはペイヤ配列をなしている。

ただし、以下に説明する構成や動作は、RGB以外の3色から成る色・感度モザイク画像や、4色から成る色・感度モザイク画像に適用することも可能である。

25 輝度画像生成部181は、供給される色・感度モザイク画像に対して輝度画像生成処理を施し、得られる輝度画像を単色画像生成部182乃至184に供給する。

単色画像生成部182は、供給される色・感度モザイク画像および輝度画像を

WO 02/056603

PCT/JP02/00035

60

用いて出力画像Rを生成する。単色画像生成部183は、供給される色・感度モザイク画像および輝度画像を用いて出力画像Gを生成する。単色画像生成部184は、供給される色・感度モザイク画像および輝度画像を用いて出力画像Bを生成する。

- 5 図83は、輝度画像生成部181の第1の構成例を示している。輝度画像生成部181の第1の構成例において、色・感度モザイク画像、色モザイクパターン情報、および感度モザイクパターン情報は、推定部191乃至193に供給される。

- 推定部191は、色・感度モザイク画像に対してR成分推定処理を施し、得ら  
10 れる各画素に対するR成分の推定値 $R'$ を乗算器194に供給する。推定部192は、色・感度モザイク画像に対してG成分推定処理を施し、得られる各画素に対するG成分の推定値 $G'$ を乗算器195に供給する。推定部193は、色・感度モザイク画像に対してB成分推定処理を施し、得られる各画素に対するB成分の推定値 $B'$ を乗算器196に供給する。

- 15 乗算器194は、推定部191から供給される推定値 $R'$ に、色バランス係数 $k_R$ を乗算し、その積を加算器197に出力する。乗算器195は、推定部192から供給される推定値 $G'$ に、色バランス係数 $k_G$ を乗算し、その積を加算器197に出力する。乗算器196は、推定部193から供給される推定値 $B'$ に、色バランス係数 $k_B$ を乗算し、その積を加算器197に出力する。

- 20 加算器197は、乗算器194から入力される積 $R' \cdot k_R$ 、乗算器195から入力される積 $G' \cdot k_G$ 、および乗算器196から入力される積 $B' \cdot k_B$ を加算し、その和を画素値とする輝度候補画像を生成してノイズ除去部198に供給する。

- ここで、色バランス係数 $k_R$ 、 $k_G$ 、 $k_B$ は、予め設定されている値であり、例えば、 $k_R=0.3$ 、 $k_G=0.6$ 、 $k_B=0.1$ である。なお、色バランス係数  
25  $k_R$ 、 $k_G$ 、 $k_B$ の値は、基本的には輝度候補値として輝度変化に相関がある値を算出することができればよい。したがって、例えば、 $k_R=k_G=k_B$ としてもよい。

WO 02/056603

PCT/JP02/00035

61

ノイズ除去部 198 は、加算器 197 から供給される輝度候補画像に対してノイズ除去処理を施し、得られる輝度画像を単色画像生成部 182 乃至 184 に供給する。

図 84 は、単色画像生成部 182 の構成例を示している。単色画像生成部 182 において、色・感度モザイク画像、色モザイクパターン情報、および感度モザイクパターン情報は、補間部 201 に供給される。輝度画像は、比率算出部 202、および乗算器 203 に供給される。

補間部 201 は、色・感度モザイク画像に補間処理を施し、得られる全ての画素が R 成分の画素値を有する R 候補画像を比率値算出部 202 に出力する。比率値算出部 202 は、R 候補画像と輝度画像の対応する画素間の強度比率の低周波成分（以下、単に強度比率と記述する）を算出し、さらに、各画素に対応する強度比率を示す比率値情報を生成して乗算器 203 に供給する。

乗算器 203 は、輝度画像の各画素の画素値に、対応する強度比率を乗算し、その積を画素値とする出力画像 R を生成する。

なお、単色画像生成部 183、184 の構成例も同様であるので、その説明は省略する。

次に、画像処理部 7 の第 4 の構成例による第 4 のデモザイク処理について、図 85 のフローチャートを参照して説明する。

ステップ S211 において、輝度画像生成部 181 は、色・感度モザイク画像に輝度画像生成処理を施すことによって輝度画像を生成し、単色画像生成部 182 乃至 184 に供給する。

輝度画像生成部 181 の輝度画像生成処理について、図 86 のフローチャートを参照して説明する。

ステップ S221 において、推定部 191 乃至 193 は、色・感度モザイク画像の全ての画素を注目画素としたか否かを判定し、全ての画素を注目画素としていないと判定した場合、ステップ S222 に進む。ステップ S222 において、推定部 191 乃至 193 は、色・感度モザイク画像の左下の画素から右上の画素

WO 02/056603

PCT/JP02/00035

62

まで、順次1画素ずつ注目画素に決定する。

ステップS223において、推定部191は、色・感度モザイク画像に対してR成分推定処理を施すことにより、注目画素に対応する推定値R'を推定し、乗算器194に供給する。推定部192は、色・感度モザイク画像に対してG成分推定処理を施すことにより、注目画素に対応する推定値G'を推定し、乗算器194に供給する。推定部193は、色・感度モザイク画像に対してB成分推定処理を施すことにより、注目画素に対応する推定値B'を推定し、乗算器194に供給する。

推定部191のR成分推定処理について、図87のフローチャートを参照して説明する。ステップS231において、推定部191は、色モザイクパターン情報および感度モザイクパターン情報を参照することにより、注目画素の近傍の画素（例えば、注目画素を中心とする $15 \times 15$ 画素）のうち、R成分を有し、かつ、感度S0である画素を検出し、検出した画素（以下、参照画素と記述する）の画素値を抽出する。

ステップS232において、推定部191は、参照画素の注目画素に対する相対的な位置に対応し、図88に示すような予め設定されているR成分用補間フィルタ係数を参照画素の数だけ取得し、各参照画素の画素値と対応するフィルタ係数を乗算し、それらの積の総和を演算する。さらに、その積の総和を、用いたR成分用補間フィルタ係数の総和で除算して第1の商を取得する。

ステップS233において、推定部191は、色モザイクパターン情報および感度モザイクパターン情報を参照することにより、注目画素の近傍の画素（例えば、注目画素を中心とする $15 \times 15$ 画素）のうち、R成分を有し、かつ、感度S1である画素を検出し、検出した画素（以下、参照画素と記述する）の画素値を抽出する。

ステップS234において、推定部191は、参照画素の注目画素に対する相対的な位置に対応し、R成分用補間フィルタ係数を参照画素の数だけ取得し、各参照画素の画素値と対応するフィルタ係数を乗算し、それらの積の総和を演算す



WO 02/056603

PCT/JP02/00035

63

る。さらに、その積の総和を、用いた補間フィルタ係数の総和で除算して第2の商を取得する。

ステップS235において、推定部191は、ステップS232で取得した第1の商と、ステップS234で取得した第2の商を加算する。ステップS236  
5 において、推定部191は、ステップS235で演算した第1の商と第2の商の和を、内蔵する合成感度補償 LUT (後述) に照らし合わせることで、感度特性を補償した補償値を取得する。取得した補償値は、注目画素に対応する推定値  $R'$  とされる。処理は図86のステップS224にリターンする。

なお、推定部192のG成分推定処理、および推定部193のB成分推定処理  
10 は、推定部191のR成分推定処理と同様であるので、その説明は省略する。ただし、推定部192のG成分推定処理においては、注目画素を中心とする  $7 \times 7$  画素のなかから参照画素を検出するようにし、さらに、図89に示すG成分用補間フィルタ係数を用いることにする。

ここで、推定部191が用いる合成感度補償 LUT について、図90乃至図92  
15 を参照して説明する。図90は、感度S0の画素の特性曲線bと、感度S1の画素の特性曲線aを示しており、横軸は入射光の強度、縦軸は画素値を示す。同図において、高感度の感度S1は、低感度の感度S0に対して4倍の感度を有している。

当該推定処理では、図90の特性曲線bに示すような特性で測定された感度S  
20 0の画素から算出された第1の商と、同図の特性曲線aに示すような特性で測定された感度S1の画素を用いて算出された第2の商とが加算されている。従って、第1の商と第2の商の和は、図91の特性曲線cに示すように、感度S0と感度S1の特性が合成された特性を有することになる。

この合成された特性曲線cは、低輝度から高輝度にわたる広ダイナミックレンジ  
25 の特性となるが、図91に示すように折れ線となっているので、感度特性曲線cの逆特性曲線を用いることにより、元のリニアな特性を復元するようにする。具体的には、図92に示すように、第1の商と第2の商の和を、図91の感度特

WO 02/056603

PCT/JP02/00035

64

性曲線  $c$  の逆特性曲線  $d$  に適用して非線形性を補償するようにする。

すなわち、合成感度補償 LUT は、図 9 2 の逆特性曲線  $d$  をルックアップテーブル化したものである。

図 8 6 の説明に戻る。ステップ S 2 2 4 において、乗算器 1 9 4 は、推定部 1 9 1 から供給された推定値  $R'$  に色バランス係数  $k_R$  を乗算し、その積を加算器 1 9 7 に出力する。乗算器 1 9 5 は、推定部 1 9 2 から供給された推定値  $G'$  に色バランス係数  $k_G$  を乗算し、その積を加算器 1 9 7 に出力する。乗算器 1 9 6 は、推定部 1 9 3 から供給された推定値  $B'$  に色バランス係数  $k_B$  を乗算し、その積を加算器 1 9 7 に出力する。加算器 1 9 7 は、乗算器 1 9 4 から入力された積  $R' \cdot k_R$ 、乗算器 1 9 5 から入力された積  $G' \cdot k_G$ 、および乗算器 1 9 6 から入力された積  $B' \cdot k_B$  を加算し、その和を注目画素に対応する輝度候補画像の画素値（輝度候補値）とする。

処理は、ステップ S 2 2 1 に戻り、全ての画素を注目画素としたと判定されるまで、ステップ S 2 2 1 乃至 2 2 4 の処理が繰り返される。ステップ S 2 2 1 において、全ての画素を注目画素としたと判定された場合、ステップ S 2 2 5 にすすむ。なお、ステップ S 2 2 1 乃至 2 2 4 の処理によって生成された輝度候補画像はノイズ除去部 1 9 8 に供給される。

ステップ S 2 2 5 において、ノイズ除去部 1 9 8 は、加算器 1 9 7 から供給される輝度候補画像にノイズ除去処理を施すことによって輝度画像を生成し、単色画像生成部 1 8 2 乃至 1 8 4 に供給する。

ノイズ除去部 1 9 8 のノイズ除去処理について、図 9 3 のフローチャートを参照して説明する。ステップ S 2 4 1 において、ノイズ除去部 1 9 8 は、輝度候補画像の全ての画素を注目画素としたか否かを判定し、全ての画素を注目画素としていないと判定した場合、ステップ S 2 4 2 に進む。ステップ S 2 4 2 において、ノイズ除去部 1 9 8 は、輝度候補画像の左下の画素から右上の画素まで、順次 1 画素ずつ注目画素に決定する。

ステップ S 2 4 3 において、ノイズ除去部 1 9 8 は、注目画素の上下左右に位

WO 02/056603

PCT/JP02/00035

65

置する画素の画素値（輝度候補値）を取得し、取得した注目画素の上下左右に位置する画素輝度候補値を、それぞれ変数  $a_3$ ,  $a_0$ ,  $a_1$ ,  $a_2$  に代入する。

ステップ S 2 4 4 において、ノイズ除去部 1 9 8 は、方向選択的平滑化処理を実行することにより、注目画素に対応する平滑化値を取得する。

- 5 ノイズ除去部 1 9 8 の方向選択的平滑化処理について、図 9 4 のフローチャートを参照して説明する。ステップ S 2 5 1 において、ノイズ除去部 1 9 8 は、次式 (2 4) に適用して、注目画素に対応する輝度勾配ベクトル  $g$  を算出する。

$$\text{輝度勾配ベクトル } g = (a_2 - a_1, a_3 - a_0) \quad \dots (24)$$

- ステップ S 2 5 2 において、ノイズ除去部 1 9 8 は、輝度勾配ベクトル  $g$  の大きさ（絶対値） $\| \nabla \|$  を演算する。

ステップ S 2 5 3 において、ノイズ除去部 1 9 8 は、変数  $a_0$  乃至  $a_3$  を次式 (2 5), (2 6) に適用して、注目画素に対応する水平方向の平滑化成分  $H_h$  と垂直方向の平滑化成分  $H_v$  を演算する。

$$H_h = (a_1 + a_2) / 2 \quad \dots (25)$$

$$15 \quad H_v = (a_3 + a_0) / 2 \quad \dots (26)$$

ステップ S 2 5 4 において、ノイズ除去部 1 9 8 は、輝度勾配ベクトル  $g$  の絶対値  $\| g \|$  に対応して、水平方向の重要度  $w_h$  と垂直方向の重要度  $w_v$  を演算する。

- 具体的には、輝度勾配ベクトル  $g$  の絶対値  $\| g \|$  が 0 よりも大きい場合、次式 (2 7) に示すように、正規化した輝度勾配ベクトル  $g / \| g \|$  とベクトル (1, 0) との内積の絶対値を 1 から減算して水平方向の重要度  $w_h$  を得る。また、次式 (2 8) に示すように、正規化した輝度勾配ベクトル  $g / \| g \|$  とベクトル (0, 1) との内積の絶対値を 1 から減算して垂直方向の重要度  $w_v$  を得る。

$$w_h = 1 - | (g / \| g \|, (1, 0)) | \quad \dots (27)$$

$$25 \quad w_v = 1 - | (g / \| g \|, (0, 1)) | \quad \dots (28)$$

輝度勾配ベクトル  $g$  の絶対値  $\| g \|$  が 0 である場合、水平方向の平滑化寄与率  $w_h$  および垂直方向の平滑化寄与率  $w_v$  を、それぞれ 0.5 とする。

WO 02/056603

PCT/JP02/00035

66

ステップS 2 5 5において、ノイズ除去部1 9 8は、次式(2 9)を用いて注目画素に対応する平滑化値 $\alpha$ を演算する。

$$\alpha = (w_h \cdot H_h + w_v \cdot H_v) / (w_h + w_v) \quad \dots (29)$$

5 処理は図9 3のステップS 2 4 5に戻る。ステップS 2 4 5において、ノイズ除去部1 9 8は、注目画素の画素値(輝度候補値)と、ステップS 2 4 4で演算した注目画素に対応する平滑化値 $\alpha$ の平均値を演算し、当該平均値を注目画素に対応する輝度画像の画素値(輝度値)とする。

10 処理はステップS 2 4 1に戻り、全ての画素を注目画素としたと判定されるまで、ステップS 2 4 1乃至S 2 4 5の処理が繰り返される。ステップS 2 4 1において、全ての画素を注目画素としたと判定された場合、ノイズ除去処理は終了されて、すなわち、輝度画像生成処理も終了されて、図8 5のステップS 2 1 2にリターンする。

15 ステップS 2 1 2において、単色画像生成部1 8 2乃至1 8 4は、供給された色・感度モザイク画像および輝度画像を用い、それぞれ出力画像R, G, Bを生成する。

単色画像生成部1 8 2の第1の単色画像生成処理について、図9 5のフローチャートを参照して説明する。

20 ステップS 2 6 1において、補間部2 0 1は、色・感度モザイク画像に補間処理を施すことによって、全ての画素がR成分の画素値を有するR候補画像を生成し、比率値算出部2 0 2に出力する。

なお、補間部2 0 1の補間処理は、図8 7のフローチャートを参照して上述した輝度画像生成部1 8 1を構成する推定部1 9 1のR成分推定処理と同様であるので、その説明は省略する。

25 ステップS 2 6 2において、比率値算出部2 0 2は、比率値算出処理を施すことによって強度比率を算出し、さらに、各画素に対応する強度比率を示す比率値情報を生成して乗算器2 0 3に供給する。

比率値算出部2 0 2の比率値算出処理について、図9 6のフローチャートを参

WO 02/056603

PCT/JP02/00035

67

照して説明する。ステップS271において、比率値算出部202は、R候補画像の全ての画素を注目画素としたか否かを判定し、全ての画素を注目画素としていないと判定した場合、ステップS272に進む。ステップS272において、比率値算出部202は、R候補画像の左下の画素から右上の画素まで、順次1画素ずつ注目画素に決定する。

ステップS273において、比率値算出部202は、注目画素の近傍に位置する画素(例えば、注目画素を中心とする7×7画素)を参照画素とし、それらの画素値(R成分の単色候補値)を取得する。また、比率値算出部202は、参照画素と同じ座標に位置する輝度画像の画素値(輝度値)を抽出する。

10 ステップS274において、比率値算出部202は、参照画素の注目画素に対する相対的な位置に対応し、図97に示すように予め設定されている平滑化フィルタ係数を参照画素の数だけ取得する。

ステップS275において、比率値算出部202は、各参照画素のR成分の単色候補値に対応する平滑化フィルタ係数を乗算し、その積に対応する輝度値で除算して、それらの商の総和を演算する。さらに、その商の総和を、用いた平滑化  
15 フィルタ係数の総和で除算して、その商を注目画素に対応する強度比率として、比率値情報を生成する。

処理はステップS271に戻り、R候補画像の全ての画素を注目画素としたと判定されるまで、ステップS271乃至S275の処理が繰り返される。ステップ  
20 S271において、R候補画像の全ての画素を注目画素としたと判定された場合、生成された比率値情報が乗算器203に供給されて、処理は図95のステップS263にリターンする。

ステップS263において、乗算器203は、輝度画像の各画素の画素値に、対応する強度比率を乗算し、その積を画素値とする出力画像Rを生成する。

25 なお、単色画像生成部182の第1の単色画像生成処理と同時に、単色画像生成部183、184も、同様の処理を実行する。

以上、画像処理部7の第4の構成例による第4のデモザイク処理の説明を終了

WO 02/056603

PCT/JP02/00035

68

する。

次に、図 9 8 は、輝度画像生成部 1 8 1 の第 2 の構成例を示している。輝度画像生成部 1 8 1 の第 2 の構成例は、図 8 3 に示した輝度画像生成部 1 8 1 の第 1 の構成例における推定部 1 9 1 乃至 1 9 3 を、推定部 2 1 1 で置換したものである。

輝度画像生成部 1 8 1 の第 2 の構成例において、色・感度モザイク画像、色モザイクパターン情報、および感度モザイクパターン情報は、推定部 2 1 1 に供給される。

推定部 2 1 1 は、色・感度モザイク画像に対して成分推定処理を施し、得られる各画素に対する R 成分の推定値 R'、G 成分の推定値 G'、および B 成分の推定値 B' を、対応する乗算器 1 9 4 乃至 1 9 6 に供給する。

なお、輝度画像生成部 1 8 1 の第 2 の構成例をなす乗算器 1 9 4 乃至ノイズ除去部 1 9 8 は、同一の番号を附した図 8 3 に示した輝度画像生成部 1 8 1 の第 1 の構成例をなす乗算器 1 9 4 乃至ノイズ除去部 1 9 8 と同様であるので、その説明は省略する。

次に、推定部 2 1 1 による RGB 成分の推定処理について、図 9 9 のフローチャートを参照して説明する。なお、当該 RGB 成分の推定処理は、図 8 6 のステップ S 2 2 3 における処理として、図 8 7 を参照して上述した R 成分推定処理に代えて実行可能な処理である。したがって、既に色・感度モザイク画像の注目画素は推定部 2 1 1 によって決定されているとして、ステップ S 2 8 1 以降の処理を説明する。

ステップ S 2 8 1 において、推定部 2 1 1 は、図 1 0 0 に示すような注目画素を中心とする 4 画素の画素値を用いる推定画素値 C 0 補間処理によって、注目画素に対応する推定画素値 C 0 を算出する。推定画素値 C 0 補間処理について、図 1 0 1 のフローチャートを参照して説明する。

ステップ S 2 9 1 において、推定部 2 1 1 は、図 1 0 0 に示すように、○で表される注目画素に対して 1 画素分の間隔を空けて上下左右に位置する 4 画素の画

WO 02/056603

PCT/JP02/00035

69

素値を、それぞれ変数  $a_3$ ,  $a_0$ ,  $a_1$ ,  $a_2$  に代入して、図 9 4 を参照して上述した方向選択的平滑化処理に適用することによって平滑化値  $\alpha$  を演算する。

このように、指定した画素の上下左右方向に位置する 4 画素の画素値を、それぞれ変数  $a_3$ ,  $a_0$ ,  $a_1$ ,  $a_2$  に代入して、図 9 4 を参照して上述した方向選択的平滑化処理に適用することによって平滑化値  $\alpha$  を演算する処理を、以下、指定した画素に対応する垂直方向選択的平滑化処理と定義する。

ステップ S 2 9 2 において、推定部 2 1 1 は、ステップ S 2 9 1 で得た平滑化値  $\alpha$  を注目画素の画素値に加算して、その和を注目画素の推定画素値  $C_0$  とする。処理は図 9 9 のステップ S 2 8 2 にリターンする。

10 ステップ S 2 8 2 において、推定部 2 1 1 は、図 1 0 2 に示すような注目画素を中心とする 1 2 画素を用いる推定画素値  $C_1$  補間処理によって、注目画素に対応する推定画素値  $C_1$  を算出する。推定画素値  $C_1$  補間処理について、図 1 0 3 のフローチャートを参照して説明する。

ステップ S 3 0 1 において、推定部 2 1 1 は、注目画素の色が G であるか否かを判定し、注目画素の色が G であると判定した場合、ステップ S 3 0 2 に進む。ステップ S 3 0 2 において、推定部 2 1 1 は、図 1 0 2 に示すように、○で表される注目画素に対して左下、左上、右下、右上に隣接して位置する 4 画素の画素値を、それぞれ変数  $a_0$ ,  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $a_3$  に代入して、図 9 4 を参照して上述した方向選択的平滑化処理に適用することによって平滑化値  $\alpha$  を演算する。

20 このように、指定した画素の左下、左上、右下、右上方向に位置する 4 画素の画素値を、それぞれ変数  $a_0$ ,  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $a_3$  に代入して、図 9 4 を参照して上述した方向選択的平滑化処理に適用することによって平滑化値  $\alpha$  を演算する処理を、以下、指定した画素に対応する斜め方向選択的平滑化処理と定義する。

ステップ S 3 0 3 において、推定部 2 1 1 は、ステップ S 3 0 2 で得た平滑化値  $\alpha$  に 2 を乗算して、その積を注目画素の推定画素値  $C_1$  とする。処理は図 9 9 のステップ S 2 8 3 にリターンする。

なお、ステップ S 3 0 1 において、注目画素の色が G ではないと判定された場

WO 02/056603

PCT/JP02/00035

70

合、処理はステップS304に進む。

ステップS304において、推定部211は、注目画素の左上に隣接する画素を中心として1画素分の間隔を空けて位置する4画素を用い、垂直方向選択的平滑化処理を実行して平滑化値 $\alpha$ を算出し、変数a1に代入する。ステップS305において、推定部211は、注目画素の右下に隣接する画素を中心として1画素分の間隔を空けて位置する4画素を用い、垂直方向選択的平滑化処理を実行して平滑化値 $\alpha$ を算出し、変数a2に代入する。ステップS306において、推定部211は、注目画素の左下に隣接する画素の画素値を変数a0に代入し、注目画素の右上に隣接する画素の画素値を変数a3に代入する。

10 ステップS307において、推定部211は、ステップS304乃至S306で値を設定した変数a0, a1, a2, a3を、図94を参照して上述した方向選択的平滑化処理に適用して平滑化値 $\alpha$ を演算し、その値を平滑化値 $\alpha'$ とする。

ステップS308において、推定部211は、注目画素の左下に隣接する画素を中心として1画素分の間隔を空けて位置する4画素を用い、垂直方向選択的平滑化処理を実行して平滑化値 $\alpha$ を算出し、変数a0に代入する。ステップS309において、推定部211は、注目画素の右上に隣接する画素を中心として1画素分の間隔を空けて位置する4画素を用い、垂直方向選択的平滑化処理を実行して平滑化値 $\alpha$ を算出し、変数a3に代入する。ステップS310において、推定部211は、注目画素の左上に隣接する画素の画素値を変数a1に代入し、注目画素の右下に隣接する画素の画素値を変数a2に代入する。

ステップS311において、推定部211は、ステップS308乃至S310で値を設定した変数a0, a1, a2, a3を、図94を参照して上述した方向選択的平滑化処理に適用して平滑化値 $\alpha$ を演算し、その値を平滑化値 $\alpha''$ とする。

25 ステップS312において、推定部211は、ステップS307で得た平滑化値 $\alpha'$ と、ステップS311で得た平滑化値 $\alpha''$ を加算し、その和を注目画素に対応する推定画素値C1とする。処理は図99のステップS283にリターンする。



WO 02/056603

PCT/JP02/00035

71

ステップS 2 8 3において、推定部 2 1 1は、図 1 0 4 Aに示すような注目画素を中心とする4画素、または図 1 0 4 Bに示すような注目画素を中心とする8画素を用いる推定画素値C 2補間処理によって、注目画素に対応する推定画素値C 2を算出する。推定画素値C 2補間処理について、図 1 0 5のフローチャート

5 を参照して説明する。

ステップS 3 2 1において、推定部 2 1 1は、注目画素の色がGであるか否かを判定し、注目画素の色がGであると判定した場合、ステップS 3 2 2に進む。

ステップS 3 2 2において、推定部 2 1 1は、注目画素の上に隣接する画素を中心として1画素分の間隔を空けて位置する4画素を用い、垂直方向選択的平滑

10 化処理を実行して平滑化値 $\alpha$ を算出し、平滑化値 $\alpha'$ とする。

ステップS 3 2 3において、推定部 2 1 1は、注目画素の下に隣接する画素を中心として1画素分の間隔を空けて位置する4画素を用い、垂直方向選択的平滑化処理を実行して平滑化値 $\alpha$ を算出し、平滑化値 $\alpha''$ とする。

ステップS 3 2 4において、推定部 2 1 1は、注目画素の下に隣接する画素の

15 画素値と、ステップS 3 2 2で得た平滑化値 $\alpha'$ との平均値と、注目画素の上に隣接する画素の画素値と、ステップS 3 2 3で得た平滑化値 $\alpha''$ との平均値とを加算して、その和を注目画素に対応する推定画素値C 2とする。処理は図 9 9のステップS 2 8 4にリターンする。

なお、ステップS 3 2 1において、注目画素の色がGではないと判定された場

20 合、処理はステップS 3 2 5に進む。

ステップS 3 2 5において、推定部 2 1 1は、注目画素の左に隣接する画素を中心として斜め方向に隣接して位置する4画素を用い、斜め方向選択的平滑化処理を実行して平滑化値 $\alpha$ を算出し、変数a 1に代入する。ステップS 3 2 6において、推定部 2 1 1は、注目画素の右に隣接する画素を中心として斜め方向に隣

25 接して位置する4画素を用い、斜め方向選択的平滑化処理を実行して平滑化値 $\alpha$ を算出し、変数a 2に代入する。ステップS 3 2 7において、推定部 2 1 1は、注目画素の下に隣接する画素の画素値を変数a 0に代入し、注目画素の上に隣接

WO 02/056603

PCT/JP02/00035

72

する画素の画素値を変数  $a_3$  に代入する。

ステップ S 3 2 8 において、推定部 2 1 1 は、ステップ S 3 2 5 乃至 S 3 2 7 で値を設定した変数  $a_0$ ,  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $a_3$  を、図 9 4 を参照して上述した方向選択的平滑化処理に適用して平滑化値  $\alpha$  を演算し、その値を平滑化値  $\alpha'$  とする。

- 5     ステップ S 3 2 9 において、推定部 2 1 1 は、注目画素の下に隣接する画素を中心として斜め方向に隣接して位置する 4 画素を用い、斜め方向選択的平滑化処理を実行して平滑化値  $\alpha$  を算出し、変数  $a_0$  に代入する。ステップ S 3 3 0 において、推定部 2 1 1 は、注目画素の上に隣接する画素を中心として斜め方向に隣接して位置する 4 画素を用い、斜め方向選択的平滑化処理を実行して平滑化値  $\alpha$
- 10    を算出し、変数  $a_3$  に代入する。ステップ S 3 3 1 において、推定部 2 1 1 は、注目画素の左に隣接する画素の画素値を変数  $a_1$  に代入し、注目画素の右に隣接する画素の画素値を変数  $a_2$  に代入する。

- ステップ S 3 3 2 において、推定部 2 1 1 は、ステップ S 3 2 9 乃至 S 3 3 1 で値を設定した変数  $a_0$ ,  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $a_3$  を、図 9 4 を参照して上述した方向
- 15    選択的平滑化処理に適用して平滑化値  $\alpha$  を演算し、その値を平滑化値  $\alpha''$  とする。

ステップ S 3 3 3 において、推定部 2 1 1 は、ステップ S 3 2 8 で得た平滑化値  $\alpha'$  と、ステップ S 3 3 2 で得た平滑化値  $\alpha''$  を加算し、その和を注目画素に対応する推定画素値  $C_2$  とする。処理は図 9 9 のステップ S 2 8 4 にリターンする。

- 20    ステップ S 2 8 4 において、推定部 2 1 1 は、図 1 0 6 に示すような注目画素を中心とする 8 画素を用いる推定画素値  $C_3$  補間処理によって、注目画素に対応する推定画素値  $C_3$  を算出する。推定画素値  $C_3$  補間処理について、図 1 0 7 のフローチャートを参照して説明する。

- ステップ S 3 4 1 において、推定部 2 1 1 は、注目画素の色が G であるか否かを判定し、注目画素の色が G であると判定した場合、ステップ S 3 4 2 に進む。
- 25

ステップ S 3 4 2 において、推定部 2 1 1 は、注目画素の右に隣接する画素を中心として 1 画素分の間隔を空けて位置する 4 画素を用い、垂直方向選択的平滑

WO 02/056603

PCT/JP02/00035

73

化処理を実行して平滑化値 $\alpha$ を算出し、平滑化値 $\alpha'$ とする。

ステップS343において、推定部211は、注目画素の左に隣接する画素を中心として1画素分の間隔を空けて位置する4画素を用い、垂直方向選択的平滑化処理を実行して平滑化値 $\alpha$ を算出し、平滑化値 $\alpha''$ とする。

- 5     ステップS344において、推定部211は、注目画素の左に隣接する画素の画素値と、ステップS342で得た平滑化値 $\alpha'$ との平均値と、注目画素の右に隣接する画素の画素値と、ステップS343で得た平滑化値 $\alpha''$ との平均値とを加算して、その和を注目画素に対応する推定画素値C3とする。処理は図99のステップS285にリターンする。

- 10    なお、ステップS341において、注目画素の色がGであると判定された場合、処理はステップS345に進む。ステップS345において、推定部211は、注目画素に対応する推定画素値C3を0とする。処理は図99のステップS285にリターンする。

- 15    ステップS285において、推定部211は、色モザイクパターン情報および感度モザイクパターン情報を参照して、注目画素の色と感度を判別し、その判別結果に対応して、ステップS281乃至S284で得た注目画素に対応する推定画素値C0乃至C3を、内蔵する合成感度補償LUT(図90乃至図92を参照して上述した合成感度補償LUTと同様のもの)に適用して、推定値 $R'$ 、 $G'$ 、 $B'$ を算出する。

- 20    すなわち、注目画素の色がGであって、かつ、感度S0である場合、推定画素値C2を合成感度補償LUTに適用した値LUT(C2)が推定値 $R'$ とされ、推定画素値C0+C1の平均値を合成感度補償LUTに適用した値LUT((C0+C1)/2))が推定値 $G'$ とされ、推定画素値C3を合成感度補償LUTに適用した値LUT(C3)が推定値 $B'$ とされる。

- 25    注目画素の色がGであって、かつ、感度S1である場合、推定画素値C3を合成感度補償LUTに適用した値LUT(C3)が推定値 $R'$ とされ、推定画素値C0+C1の平均値を合成感度補償LUTに適用した値LUT((C0+C1)/2))が

WO 02/056603

PCT/JP02/00035

74

推定値 $G'$ とされ、推定画素値 $C_2$ を合成感度補償LUTに適用した値LUT( $C_2$ )が推定値 $B'$ とされる。

- 注目画素の色が $R$ である場合、推定画素値 $C_0$ を合成感度補償LUTに適用した値LUT( $C_0$ )が推定値 $R'$ とされ、推定画素値 $C_2$ の平均値を合成感度補償LUTに適用した値LUT( $C_2$ )が推定値 $G'$ とされ、推定画素値 $C_1$ を合成感度補償LUTに適用した値LUT( $C_1$ )が推定値 $B'$ とされる。

- 注目画素の色が $B$ である場合、推定画素値 $C_1$ を合成感度補償LUTに適用した値LUT( $C_1$ )が推定値 $R'$ とされ、推定画素値 $C_2$ の平均値を合成感度補償LUTに適用した値LUT( $C_2$ )が推定値 $G'$ とされ、推定画素値 $C_0$ を合成感度補償LUTに適用した値LUT( $C_0$ )が推定値 $B'$ とされる。

以上のように、推定部211によるRGB成分の推定処理では、方向選択的平滑化処理を利用して生成された推定画素値 $C_0$ 乃至 $C_3$ が用いられるので、画像信号の解像度劣化が抑止される。

以上、推定部211によるRGB成分の推定処理の説明を終了する。

- ところで上述した説明においては、画像処理部7の第4の構成例の単色画像生成部183、184は、図84に示した単色画像生成部182の構成例と同様に構成されており、図95を参照して説明した単色画像生成部182の単色画像生成処理(図95)と同様の処理を実行するとしたが、単色画像生成部182乃至184は、単色画像生成処理に含まれる単色候補画像生成処理(図95のステップS261)に代えて、それぞれに最適化された独自の処理を実行することも可能である。

- ステップS261の単色候補画像生成処理に代えて単色画像生成部182が実行する $R$ 候補画像生成処理について、図108のフローチャートを参照して説明する。なお、説明の便宜上、単色画像生成部182を構成する補間部201を補間部201-Rと記述する。

ステップS351において、補間部201-Rは、色・感度モザイク画像の全ての画素を1回目の注目画素としたか否かを判定し、全ての画素を1回目の注目

WO 02/056603

PCT/JP02/00035

75

画素としていないと判定した場合、ステップS352に進む。ステップS352において、補間部201-Rは、色・感度モザイク画像の左下の画素から右上の画素まで、順次1画素ずつ1回目の注目画素に決定する。

5 ステップS353において、補間部201-Rは、1回目の注目画素の色がRであるか否かを判定し、Rであると判定した場合、ステップS354に進む。ステップS354において、補間部201-Rは、1回目の注目画素を中心として1画素分の間隔を空けて上下左右に位置する4画素を用い、垂直方向選択的平滑化処理を実行して平滑化値 $\alpha$ を算出する。ステップS355において、補間部201-Rは、1回目の注目画素の画素値と、ステップS354で算出した平滑化  
10 値 $\alpha$ との和を、内蔵する合成感度補償 LUT (図90乃至図92を参照して上述した合成感度補償 LUT と同様のもの) に適用し、得られた値をR候補画像の1回目の注目画素に対応する画素値とする。処理はステップS351に戻る。

なお、ステップS353において、1回目の注目画素の色がRではない判定された場合、ステップS354およびステップS355はスキップされ、ステップ  
15 S351に戻る。

その後、ステップS351において、色・感度モザイク画像の全ての画素を1回目の注目画素としたと判定されるまで、ステップS351乃至S355の処理が繰り返され、ステップS351において、色・感度モザイク画像の全ての画素を1回目の注目画素としたと判定された場合、処理はステップS356に進む。

20 ステップS356において、補間部201-Rは、色・感度モザイク画像の全ての画素を2回目の注目画素としたか否かを判定し、全ての画素を2回目の注目画素としていないと判定した場合、ステップS357に進む。ステップS357において、補間部201-Rは、色・感度モザイク画像の左下の画素から右上の画素まで、順次1画素ずつ2回目の注目画素に決定する。

25 ステップS358において、補間部201-Rは、2回目の注目画素の色がBであるか否かを判定し、Bであると判定した場合、ステップS359に進む。ステップS359において、補間部201-Rは、2回目の注目画素を中心として

WO 02/056603

PCT/JP02/00035

76

斜め方向に隣接して位置する4画素を用い、斜め方向選択的平滑化処理を実行して平滑化値 $\alpha$ を算出する。ステップS360において、補間部201-Rは、ステップS359で算出した平滑化値 $\alpha$ をR候補画像の2回目の注目画素に対応する画素値とする。処理はステップS356に戻る。

- 5     なお、ステップS358において、2回目の注目画素の色がBではない判定された場合、ステップS359およびステップS360はスキップされ、ステップS356に戻る。

- その後、ステップS356において、色・感度モザイク画像の全ての画素を2回目の注目画素としたと判定されるまで、ステップS356乃至S360の処理  
10   が繰り返され、ステップS356において、色・感度モザイク画像の全ての画素を2回目の注目画素としたと判定された場合、処理はステップS351に進む。

- ステップS361において、色・感度モザイク画像の全ての画素を3回目の注目画素としたか否かを判定し、全ての画素を3回目の注目画素としていないと判定した場合、ステップS362に進む。ステップS362において、補間部20  
15   1-Rは、色・感度モザイク画像の左下の画素から右上の画素まで、順次1画素ずつ3回目の注目画素に決定する。

- ステップS363において、補間部201-Rは、3回目の注目画素の色がGであるか否かを判定し、Gであると判定した場合、ステップS364に進む。ステップS364において、補間部201-Rは、3回目の注目画素を中心として  
20   上下左右に隣接して位置する4画素を用い、垂直方向選択的平滑化処理を実行して平滑化値 $\alpha$ を算出する。ステップS365において、補間部201-Rは、ステップS364で算出した平滑化値 $\alpha$ をR候補画像の3回目の注目画素に対応する画素値とする。処理はステップS361に戻る。

- なお、ステップS363において、3回目の注目画素の色がGではない判定さ  
25   れた場合、ステップS364およびステップS365はスキップされ、ステップS351に戻る。

その後、ステップS361において、色・感度モザイク画像の全ての画素を3

WO 02/056603

PCT/JP02/00035

77

回目の注目画素としたと判定されるまで、ステップ S 3 6 1 乃至 S 3 6 5 の処理が繰り返され、ステップ S 3 6 1 において、色・感度モザイク画像の全ての画素を 3 回目の注目画素としたと判定された場合、当該 R 候補画像生成処理は終了される。

- 5 単色画像生成部 1 8 4 が実行する B 候補画像生成処理について、図 1 0 9 のフローチャートを参照して説明する。なお、説明の便宜上、単色候補画像生成部 1 8 2 の補間部 2 0 1 に相当する単色画像生成部 1 8 4 の構成要素を補間部 2 0 1 - B と記述する。

10 ステップ S 3 7 1 において、補間部 2 0 1 - B は、色・感度モザイク画像の全ての画素を 1 回目の注目画素としたか否かを判定し、全ての画素を 1 回目の注目画素としていないと判定した場合、ステップ S 3 7 2 に進む。ステップ S 3 7 2 において、補間部 2 0 1 - B は、色・感度モザイク画像の左下の画素から右上の画素まで、順次 1 画素ずつ 1 回目の注目画素に決定する。

15 ステップ S 3 7 3 において、補間部 2 0 1 - B は、1 回目の注目画素の色が B であるか否かを判定し、B であると判定した場合、ステップ S 3 7 4 に進む。ステップ S 3 7 4 において、補間部 2 0 1 - B は、1 回目の注目画素を中心として 1 画素分の間隔を空けて上下左右に位置する 4 画素を用い、垂直方向選択的平滑化処理を実行して平滑化値  $\alpha$  を算出する。ステップ S 3 7 5 において、補間部 2 0 1 - B は、1 回目の注目画素の画素値と、ステップ S 3 7 4 で算出した平滑化値  $\alpha$  との和を、内蔵する合成感度補償 LUT (図 9 0 乃至図 9 2 を参照して上述した合成感度補償 LUT と同様のもの) に適用し、得られた値を B 候補画像の 1 回目の注目画素に対応する画素値とする。処理はステップ S 3 7 1 に戻る。

25 なお、ステップ S 3 7 3 において、1 回目の注目画素の色が B ではない判定された場合、ステップ S 3 7 4 およびステップ S 3 7 5 はスキップされ、ステップ S 3 7 1 に戻る。

その後、ステップ S 3 7 1 において、色・感度モザイク画像の全ての画素を 1 回目の注目画素としたと判定されるまで、ステップ S 3 7 1 乃至 S 3 7 5 の処理

WO 02/056603

PCT/JP02/00035

78

が繰り返され、ステップ S 3 7 1 において、色・感度モザイク画像の全ての画素を 1 回目の注目画素としたと判定された場合、処理はステップ S 3 7 6 に進む。

ステップ S 3 7 6 において、補間部 2 0 1 - B は、色・感度モザイク画像の全ての画素を 2 回目の注目画素としたか否かを判定し、全ての画素を 2 回目の注目  
5 画素としていないと判定した場合、ステップ S 3 7 7 に進む。ステップ S 3 7 7 において、補間部 2 0 1 - B は、色・感度モザイク画像の左下の画素から右上の画素まで、順次 1 画素ずつ 2 回目の注目画素に決定する。

ステップ S 3 7 8 において、補間部 2 0 1 - B は、2 回目の注目画素の色が R であるか否かを判定し、R であると判定した場合、ステップ S 3 7 9 に進む。ス  
10 テップ S 3 7 9 において、補間部 2 0 1 - B は、2 回目の注目画素を中心として斜め方向に隣接して位置する 4 画素を用い、斜め方向選択的平滑化処理を実行して平滑化値  $\alpha$  を算出する。ステップ S 3 8 0 において、補間部 2 0 1 - B は、ステップ S 3 7 9 で算出した平滑化値  $\alpha$  を B 候補画像の 2 回目の注目画素に対応する画素値とする。処理はステップ S 3 7 6 に戻る。

15 なお、ステップ S 3 7 8 において、2 回目の注目画素の色が R ではない判定された場合、ステップ S 3 7 9 およびステップ S 3 8 0 はスキップされ、ステップ S 3 7 6 に戻る。

その後、ステップ S 3 7 6 において、色・感度モザイク画像の全ての画素を 2 回目の注目画素としたと判定されるまで、ステップ S 3 7 6 乃至 S 3 8 0 の処理  
20 が繰り返され、ステップ S 3 7 6 において、色・感度モザイク画像の全ての画素を 2 回目の注目画素としたと判定された場合、処理はステップ S 3 8 1 に進む。

ステップ S 3 8 1 において、色・感度モザイク画像の全ての画素を 3 回目の注目画素としたか否かを判定し、全ての画素を 3 回目の注目画素としていないと判定した場合、ステップ S 3 8 2 に進む。ステップ S 3 8 2 において、補間部 2 0  
25 1 - B は、色・感度モザイク画像の左下の画素から右上の画素まで、順次 1 画素ずつ 3 回目の注目画素に決定する。

ステップ S 3 8 3 において、補間部 2 0 1 - B は、3 回目の注目画素の色が G



WO 02/056603

PCT/JP02/00035

79

であるか否かを判定し、Gであると判定した場合、ステップS384に進む。ステップS384において、補間部201-Bは、3回目の注目画素を中心として上下左右に隣接して位置する4画素を用い、垂直方向選択的平滑化処理を実行して平滑化値 $\alpha$ を算出する。ステップS385において、補間部201-Bは、

5 ステップS384で算出した平滑化値 $\alpha$ をB候補画像の3回目の注目画素に対応する画素値とする。処理はステップS381に戻る。

なお、ステップS383において、3回目の注目画素の色がGではない判定された場合、ステップS384およびステップS385はスキップされ、ステップS381に戻る。

10 その後、ステップS381において、色・感度モザイク画像の全ての画素を3回目の注目画素としたと判定されるまで、ステップS381乃至S385の処理が繰り返され、ステップS381において、色・感度モザイク画像の全ての画素を3回目の注目画素としたと判定された場合、当該B候補画像生成処理は終了される。

15 単色画像生成部183が実行するG候補画像生成処理について、図110のフローチャートを参照して説明する。なお、説明の便宜上、単色候補画像生成部182の補間部201に相当する単色画像生成部183の構成要素を補間部201-Gと記述する。

ステップS391において、補間部201-Gは、色・感度モザイク画像の全

20 ての画素を1回目の注目画素としたか否かを判定し、全ての画素を1回目の注目画素としていないと判定した場合、ステップS392に進む。ステップS392において、補間部201-Gは、色・感度モザイク画像の左下の画素から右上の画素まで、順次1画素ずつ1回目の注目画素に決定する。

ステップS393において、補間部201-Gは、1回目の注目画素の色がG

25 であるか否かを判定し、Gであると判定した場合、ステップS394に進む。ステップS394において、補間部201-Gは、1回目の注目画素を中心として斜め方向に隣接して位置する4画素を用い、斜め方向選択的平滑化処理を実行し

WO 02/056603

PCT/JP02/00035

80

て平滑化値 $\alpha$ を算出する。ステップS395において、補間部201-Gは、1  
回目の注目画素の画素値と、ステップS394で算出した平滑化値 $\alpha$ との和を、  
内蔵する合成感度補償 LUT (図90乃至図92を参照して上述した合成感度補償  
LUT と同様のもの) に適用し、得られた値をG候補画像の1回目の注目画素に対  
5 応する画素値とする。処理はステップS391に戻る。

なお、ステップS393において、1回目の注目画素の色がGではない判定さ  
れた場合、ステップS394およびステップS395はスキップされ、ステップ  
S391に戻る。

その後、ステップS391において、色・感度モザイク画像の全ての画素を1  
10 回目の注目画素としたと判定されるまで、ステップS391乃至S395の処理  
が繰り返され、ステップS391において、色・感度モザイク画像の全ての画素  
を1回目の注目画素としたと判定された場合、処理はステップS396に進む。

ステップS396において、補間部201-Gは、色・感度モザイク画像の全  
ての画素を2回目の注目画素としたか否かを判定し、全ての画素を2回目の注目  
15 画素としていないと判定した場合、ステップS397に進む。ステップS397  
において、補間部201-Gは、色・感度モザイク画像の左下の画素から右上の  
画素まで、順次1画素ずつ2回目の注目画素に決定する。

ステップS398において、補間部201-Gは、2回目の注目画素の色がG  
であるか否かを判定し、Gではないと判定した場合、ステップS399に進む。  
20 ステップS399において、補間部201-Gは、2回目の注目画素を中心とし  
て上下左右に隣接して位置する4画素を用い、垂直方向選択的平滑化処理を実行  
して平滑化値 $\alpha$ を算出する。ステップS400において、補間部201-Gは、  
ステップS399で算出した平滑化値 $\alpha$ をG候補画像の2回目の注目画素に対応  
する画素値とする。処理はステップS396に戻る。

25 なお、ステップS398において、2回目の注目画素の色がRである判定され  
た場合、ステップS399およびステップS400はスキップされ、ステップS  
396に戻る。

WO 02/056603

PCT/JP02/00035

81

その後、ステップS396において、色・感度モザイク画像の全ての画素を2回目の注目画素としたと判定されるまで、ステップS396乃至S400の処理が繰り返され、ステップS396において、色・感度モザイク画像の全ての画素を2回目の注目画素としたと判定された場合、当該R候補画像生成処理は終了される。

ところで、上述したように、第4のデモザイク処理では、色・感度モザイク画像から、輝度画像と単色画像を生成し、その後、輝度と色成分との相関性を利用して、全色を復元することにより、全ての画素が均一の感度で全ての色成分を復元するようにしたが、最初に生成する輝度画像は、復元する色情報に相関があ

10 った、高解像度で復元できる信号であれば、偏った分光特性をもっているかまわぬ。例えば、色・感度モザイク画像の色モザイク配列がベイヤ配列のように、Rの画素やBの画素に比較してGの画素が2倍存在する特性を利用して、輝度画像の代わりにG成分の画像を生成し、GとR、またはGとBの相関性を利用して、R成分の画像とB成分の画像を生成するようにしてもよい。

15 そのような処理を実行するために、図110に示すように、画像処理部7を構成してもよい。輝度画像生成部221は、画像処理部7の第4の構成例における単色画像生成部182の補間部201 (図84) の処理と同様の処理を実行することによって出力画像Gを生成する。単色画像生成部222, 223は、それぞれ、画像処理部7の第4の構成例における単色画像生成部182, 184と同様の

20 の処理を実行することによって、出力画像Rまたは出力画像Bを生成する。

以上、第1乃至第4のデモザイク処理を実行する画像処理部7の構成例に関する説明を終了する。

なお、上述した一連の処理は、ハードウェアにより実行させることもできるが、ソフトウェアにより実行させることもできる。一連の処理をソフトウェアにより

25 実行させる場合には、そのソフトウェアを構成するプログラムが、専用のハードウェアに組み込まれているコンピュータ、または、各種のプログラムをインストールすることで、各種の機能を実行することが可能な、例えば汎用のパーソナル

WO 02/056603

PCT/JP02/00035

82

コンピュータなどに、記録媒体からインストールされる。

この記録媒体は、図 1 に示すように、コンピュータとは別に、ユーザにプログラムを提供するために配布される、プログラムが記録されている磁気ディスク 1 6 (フロッピディスクを含む)、光ディスク 1 7 (CD-ROM (Compact Disc-Read Only Memory)、DVD (Digital Versatile Disc) を含む)、光磁気ディスク 1 8 (MD (Mini Disc) を含む)、もしくは半導体メモリ 1 9 などよりなるパッケージメディアにより構成されるだけでなく、コンピュータに予め組み込まれた状態でユーザに提供される、プログラムが記録されている ROM やハードディスクなどで構成される。

10 なお、本明細書において、記録媒体に記録されるプログラムを記述するステップは、記載された順序に従って時系列的に行われる処理はもちろん、必ずしも時系列的に処理されなくとも、並列的あるいは個別に実行される処理をも含むものである。

#### 産業上の利用可能性

15 以上のように、本発明によれば、所定の画像処理を施すことによって広ダイナミックレンジのカラー画像信号に変換可能な色・感度モザイク画像を撮像することが可能となる。

WO 02/056603

PCT/JP02/00035

83

## 請求の範囲

1. 被写体の光学像を光電変換することにより、各画素が複数の色成分のうちのいずれかの色成分を有し、かつ、光強度に対する複数の感度特性のうちのいずれかの感度特性を有する色・感度モザイク画像を生成する光電変換手段を備える
- 5 撮像装置において、  
前記光電変換手段は、同一の色成分および感度特性を有する複数の画素が格子状に配置され、かつ、感度特性に拘わらず、同一の色成分を有する複数の画素が格子状に配置された前記色・感度モザイク画像を生成することを特徴とする撮像装置。
- 10 2. 前記複数の色成分は、3原色成分である  
ことを特徴とする請求の範囲第1項に記載の撮像装置。
3. 前記光電変換手段は、色成分だけに注目した場合、ベイヤ配列をなす前記色・感度モザイク画像を生成する  
ことを特徴とする請求の範囲第2項に記載の撮像装置。
- 15 4. 被写体の光学像を光電変換することにより、各画素が複数の色成分のうちのいずれかの色成分を有し、かつ、光強度に対する複数の感度特性のうちのいずれかの感度特性を有する色・感度モザイク画像を生成する光電変換手段を備える撮像装置において、  
前記光電変換手段は、同一の色成分および感度特性を有する複数の画素が格子状に配置され、かつ、色成分に拘わらず、同一の感度特性を有する複数の画素が格子状に配置された前記色・感度モザイク画像を生成し、  
前記色・感度モザイク画像の任意の画素と前記任意の画素の上下左右に隣接する4画素の合計5画素の中には、前記色・感度モザイクパターンに含まれる全ての色成分が存在する
- 20 ことを特徴とする撮像装置。
- 25 5. 前記複数の色成分は、3原色成分である  
ことを特徴とする請求の範囲第4項に記載の撮像装置。

WO 02/056603

PCT/JP02/00035

84

6. 前記光電変換手段は、有する感度特性毎にベイア配列をなす前記色・感度モザイク画像を生成する

ことを特徴とする請求の範囲第 5 項に記載の撮像装置。

7. 被写体の光学像を光電変換することにより、各画素が複数の色成分のうち  
5 のいずれかの色成分を有し、かつ、光強度に対する複数の感度特性のうちのいずれかの感度特性を有する色・感度モザイク画像を生成する撮像素子であって、

同一の色成分および感度特性を有する複数の画素が格子状に配置され、かつ、感度特性に拘わらず、同一の色成分を有する複数の画素が格子状に配置された前記色・感度モザイク画像を生成する

10 ことを特徴とする撮像素子。

8. 前記複数の色成分は、3 原色成分である

ことを特徴とする請求の範囲第 7 項に記載の撮像素子。

9. 前記色・感度モザイク画像は、各画素の有する感度特性に拘わらず、色成分だけに注目した場合、ベイア配列を成している

15 ことを特徴とする請求の範囲第 8 項に記載の撮像素子。

10. 被写体の光学像を光電変換することにより、各画素が複数の色成分のうちのいずれかの色成分を有し、かつ、光強度に対する複数の感度特性のうちのいずれかの感度特性を有する色・感度モザイク画像を生成する撮像素子であって、

20 同一の色成分および感度特性を有する複数の画素が格子状に配置され、かつ、色成分に拘わらず、同一の感度特性を有する複数の画素が格子状に配置された前記色・感度モザイク画像を生成し、

前記色・感度モザイク画像の任意の画素と前記任意の画素の上下左右に隣接する 4 画素の合計 5 画素の中には、前記色・感度モザイクパターンに含まれる全ての色成分が存在する

25 ことを特徴とする撮像素子。

11. 前記複数の色成分は、3 原色成分である

ことを特徴とする請求の範囲第 10 項に記載の撮像素子。

WO 02/056603

PCT/JP02/00035

85

1 2. 前記色・感度モザイク画像は、各画素の色成分に拘わらず、有する感度特性毎にペイヤ配列を成している

ことを特徴とする請求の範囲第 1 1 項に記載の撮像素子。

WO 02/056603

86

PCT/JP02/00035

[2002年6月25日 (25. 06. 02) 国際事務局受理: 出願当初の請求の範囲  
1-12は補正された; 新しい請求の範囲13-18が加えられた。 (3頁)]

1. (補正後) 被写体の光学像を光電変換することにより、各画素が複数の色成分のうちのいずれかの色成分を有し、かつ、光強度に対する複数の感度特性のうちのいずれかの感度特性を有する色・感度モザイク画像を生成する光電変換
- 5 手段を備える撮像装置において、  
前記光電変換手段は、同一の色成分および感度特性を有する複数の画素が格子状に配置され、かつ、同一の色成分を有して同一の感度特性を有する複数の画素のうちの少なくとも1種類の画素が、前記同一の色成分を有して異なる感度特性を有する他の種類の画素と互いに隣接しないように配置された前記色・感度モザ
- 10 イク画像を生成する  
ことを特徴とする撮像装置。
2. (補正後) 前記光電変換手段は、感度特性に拘わらず、同一の色成分を有する複数の画素が格子状に配置された前記色・感度モザイク画像を生成する  
ことを特徴とする請求の範囲第1項に記載の撮像装置。
- 15 3. (補正後) 前記光電変換手段は、感度特性に拘わらず、同一の色成分を有する複数の画素が正方格子状に配置された前記色・感度モザイク画像を生成する  
ことを特徴とする請求の範囲第2項に記載の撮像装置。
4. (補正後) 前記複数の色成分は、3原色成分である
- 20 ことを特徴とする請求の範囲第2項に記載の撮像装置。
5. (補正後) 前記光電変換手段は、色成分だけに注目した場合、ベイヤー配列をなす前記色・感度モザイク画像を生成する  
ことを特徴とする請求の範囲第4項に記載の撮像装置。
6. (補正後) 前記光電変換手段は、色成分に拘わらず、同一の感度特性を
- 25 有する複数の画素が格子状に配置された前記色・感度モザイク画像を生成し、  
前記色・感度モザイク画像の任意の画素と前記任意の画素の上下左右に隣接する4画素の合計5画素の中には、前記色・感度モザイク画像に含まれる全ての色

補正された用紙 (条約第19条)



WO 02/056603

88

PCT/JP02/00035

ことを特徴とする請求の範囲第11項に記載の撮像素子。

14. (追加) 前記色・感度モザイク画像は、各画素の有する感度特性に拘わらず、色成分だけに注目した場合、ベイア配列をなしている

ことを特徴とする請求の範囲第13項に記載の撮像素子。

5 15. (追加) 前記色・感度モザイク画像は、色成分に拘わらず、同一の感度特性を有する複数の画素が格子状に配置されており、

任意の画素と前記任意の画素の上下左右に隣接する4画素の合計5画素の中には、前記色・感度モザイク画像に含まれる全ての色成分が存在する

ことを特徴とする請求の範囲第10項に記載の撮像素子。

10 16. (追加) 前記色・感度モザイク画像は、色成分に拘わらず、同一の色成分を有する複数の画素が格子状に配置されている

ことを特徴とする特許請求の範囲第15項に記載の撮像素子。

17. (追加) 前記複数の色成分は、3原色成分である

ことを特徴とする請求の範囲第15項に記載の撮像素子。

15 18. (追加) 前記色・感度モザイク画像は、各画素の色成分に拘わらず、有する感度特性毎にベイア配列を成している

ことを特徴とする請求の範囲第17項に記載の撮像素子。

WO 02/056603

87

PCT/JP02/00035

成分が存在する

ことを特徴とする請求の範囲第 1 項に記載の撮像装置。

7. (補正後) 前記光電変換手段は、色成分に拘わらず、同一の感度特性を有する複数の画素が正方格子状に配置された前記色・感度モザイク画像を生成する

5 5

ことを特徴とする請求の範囲第 6 項に記載の撮像装置。

8. (補正後) 前記複数の色成分は、3 原色成分である

ことを特徴とする請求の範囲第 6 項に記載の撮像装置。

9. (補正後) 前記光電変換手段は、画素の有する感度特性毎に色成分がベ  
10 イヤ配列をなす前記色・感度モザイク画像を生成する

ことを特徴とする請求の範囲第 8 項に記載の撮像装置。

10. (補正後) 被写体の光学像を光電変換することにより、各画素が複数の色成分のうちのいずれかの色成分を有し、かつ、光強度に対する複数の感度特性のうちのいずれかの感度特性を有する色・感度モザイク画像を生成する撮像素子であって、  
15

同一の色成分および感度特性を有する複数の画素が格子状に配置され、かつ、同一の色成分を有して同一の感度特性を有する複数の画素のうちの少なくとも 1 種類の画素が、前記同一の色成分を有して異なる感度特性を有する他の種類の画素と互いに隣接しないように配置された前記色・感度モザイク画像を生成する

20 ことを特徴とする撮像素子。

11. (補正後) 前記色・感度モザイク画像は、感度特性に拘わらず、同一の色成分を有する複数の画素が格子状に配置されている

ことを特徴とする特許請求の範囲第 10 項に記載の撮像素子。

12. (補正後) 前記色・感度モザイク画像は、感度特性に拘わらず、同一  
25 の色成分を有する複数の画素が正方格子状に配置されている

ことを特徴とする特許請求の範囲第 10 項に記載の撮像素子。

13. (追加) 前記複数の色成分は、3 原色成分である

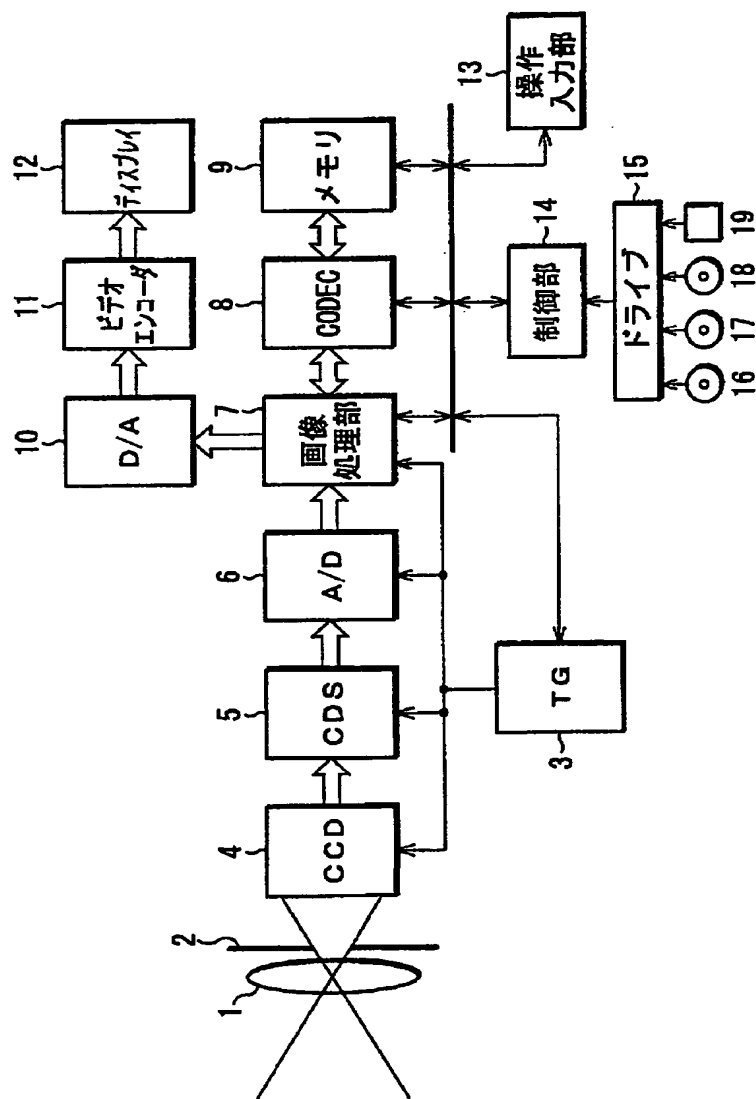
補正された用紙 (条約第 19 条)

WO 02/056603

PCT/JP02/00035

1/90

図1



WO 02/056603

PCT/JP02/00035

2/90

図2

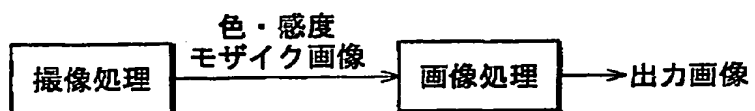


図3

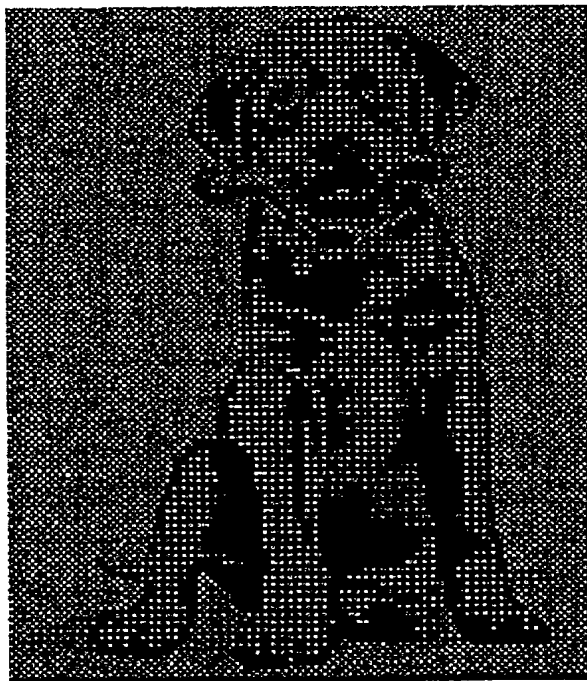


WO 02/056603

PCT/JP02/00035

3/90

図4



WO 02/056603

PCT/JP02/00035

4/90

図5

R <sub>1</sub>	G <sub>1</sub>	B <sub>1</sub>	G <sub>1</sub>	R <sub>1</sub>	G <sub>1</sub>	B <sub>1</sub>	G <sub>1</sub>
G <sub>0</sub>	B <sub>0</sub>	G <sub>0</sub>	R <sub>0</sub>	G <sub>0</sub>	B <sub>0</sub>	G <sub>0</sub>	R <sub>0</sub>
B <sub>1</sub>	G <sub>1</sub>	R <sub>1</sub>	G <sub>1</sub>	B <sub>1</sub>	G <sub>1</sub>	R <sub>1</sub>	G <sub>1</sub>
G <sub>0</sub>	R <sub>0</sub>	G <sub>0</sub>	B <sub>0</sub>	G <sub>0</sub>	R <sub>0</sub>	G <sub>0</sub>	B <sub>0</sub>
R <sub>1</sub>	G <sub>1</sub>	B <sub>1</sub>	G <sub>1</sub>	R <sub>1</sub>	G <sub>1</sub>	B <sub>1</sub>	G <sub>1</sub>
G <sub>0</sub>	B <sub>0</sub>	G <sub>0</sub>	R <sub>0</sub>	G <sub>0</sub>	B <sub>0</sub>	G <sub>0</sub>	R <sub>0</sub>
B <sub>1</sub>	G <sub>1</sub>	R <sub>1</sub>	G <sub>1</sub>	B <sub>1</sub>	G <sub>1</sub>	R <sub>1</sub>	G <sub>1</sub>
G <sub>0</sub>	R <sub>0</sub>	G <sub>0</sub>	B <sub>0</sub>	G <sub>0</sub>	R <sub>0</sub>	G <sub>0</sub>	B <sub>0</sub>

図6

R <sub>1</sub>	G <sub>1</sub>	R <sub>0</sub>	G <sub>1</sub>	R <sub>1</sub>	G <sub>1</sub>	R <sub>0</sub>	G <sub>1</sub>
G <sub>0</sub>	B <sub>0</sub>	G <sub>0</sub>	B <sub>1</sub>	G <sub>0</sub>	B <sub>0</sub>	G <sub>0</sub>	B <sub>1</sub>
R <sub>0</sub>	G <sub>1</sub>	R <sub>1</sub>	G <sub>1</sub>	R <sub>0</sub>	G <sub>1</sub>	R <sub>1</sub>	G <sub>1</sub>
G <sub>0</sub>	B <sub>1</sub>	G <sub>0</sub>	B <sub>0</sub>	G <sub>0</sub>	B <sub>1</sub>	G <sub>0</sub>	B <sub>0</sub>
R <sub>1</sub>	G <sub>1</sub>	R <sub>0</sub>	G <sub>1</sub>	R <sub>1</sub>	G <sub>1</sub>	R <sub>0</sub>	G <sub>1</sub>
G <sub>0</sub>	B <sub>0</sub>	G <sub>0</sub>	B <sub>1</sub>	G <sub>0</sub>	B <sub>0</sub>	G <sub>0</sub>	B <sub>1</sub>
R <sub>0</sub>	G <sub>1</sub>	R <sub>1</sub>	G <sub>1</sub>	R <sub>0</sub>	G <sub>1</sub>	R <sub>1</sub>	G <sub>1</sub>
G <sub>0</sub>	B <sub>1</sub>	G <sub>0</sub>	B <sub>0</sub>	G <sub>0</sub>	B <sub>1</sub>	G <sub>0</sub>	B <sub>0</sub>

WO 02/056603

PCT/JP02/00035

5/90

図7

G <sub>1</sub>	B <sub>0</sub>	G <sub>1</sub>	R <sub>0</sub>	G <sub>1</sub>	B <sub>0</sub>	G <sub>1</sub>	R <sub>0</sub>
G <sub>0</sub>	R <sub>1</sub>	G <sub>0</sub>	B <sub>1</sub>	G <sub>0</sub>	R <sub>1</sub>	G <sub>0</sub>	B <sub>1</sub>
G <sub>1</sub>	R <sub>0</sub>	G <sub>1</sub>	B <sub>0</sub>	G <sub>1</sub>	R <sub>0</sub>	G <sub>1</sub>	B <sub>0</sub>
G <sub>0</sub>	B <sub>1</sub>	G <sub>0</sub>	R <sub>1</sub>	G <sub>0</sub>	B <sub>1</sub>	G <sub>0</sub>	R <sub>1</sub>
G <sub>1</sub>	B <sub>0</sub>	G <sub>1</sub>	R <sub>0</sub>	G <sub>1</sub>	B <sub>0</sub>	G <sub>1</sub>	R <sub>0</sub>
G <sub>0</sub>	R <sub>1</sub>	G <sub>0</sub>	B <sub>1</sub>	G <sub>0</sub>	R <sub>1</sub>	G <sub>0</sub>	B <sub>1</sub>
G <sub>1</sub>	R <sub>0</sub>	G <sub>1</sub>	B <sub>0</sub>	G <sub>1</sub>	R <sub>0</sub>	G <sub>1</sub>	B <sub>0</sub>
G <sub>0</sub>	B <sub>1</sub>	G <sub>0</sub>	R <sub>1</sub>	G <sub>0</sub>	B <sub>1</sub>	G <sub>0</sub>	R <sub>1</sub>

図8

G <sub>1</sub>	B <sub>1</sub>	G <sub>1</sub>	B <sub>0</sub>	G <sub>1</sub>	B <sub>1</sub>	G <sub>1</sub>	B <sub>0</sub>
G <sub>0</sub>	R <sub>1</sub>	G <sub>0</sub>	R <sub>0</sub>	G <sub>0</sub>	R <sub>1</sub>	G <sub>0</sub>	R <sub>0</sub>
G <sub>1</sub>	B <sub>0</sub>	G <sub>1</sub>	B <sub>1</sub>	G <sub>1</sub>	B <sub>0</sub>	G <sub>1</sub>	B <sub>1</sub>
G <sub>0</sub>	R <sub>0</sub>	G <sub>0</sub>	R <sub>1</sub>	G <sub>0</sub>	R <sub>0</sub>	G <sub>0</sub>	R <sub>1</sub>
G <sub>1</sub>	B <sub>1</sub>	G <sub>1</sub>	B <sub>0</sub>	G <sub>1</sub>	B <sub>1</sub>	G <sub>1</sub>	B <sub>0</sub>
G <sub>0</sub>	R <sub>1</sub>	G <sub>0</sub>	R <sub>0</sub>	G <sub>0</sub>	R <sub>1</sub>	G <sub>0</sub>	R <sub>0</sub>
G <sub>1</sub>	B <sub>0</sub>	G <sub>1</sub>	B <sub>1</sub>	G <sub>1</sub>	B <sub>0</sub>	G <sub>1</sub>	B <sub>1</sub>
G <sub>0</sub>	R <sub>0</sub>	G <sub>0</sub>	R <sub>1</sub>	G <sub>0</sub>	R <sub>0</sub>	G <sub>0</sub>	R <sub>1</sub>

WO 02/056603

PCT/JP02/00035

6/90

図9

G <sub>1</sub>	B <sub>1</sub>	G <sub>1</sub>	R <sub>1</sub>	G <sub>1</sub>	B <sub>1</sub>	G <sub>1</sub>	R <sub>1</sub>
G <sub>0</sub>	B <sub>0</sub>	G <sub>0</sub>	R <sub>0</sub>	G <sub>0</sub>	B <sub>0</sub>	G <sub>0</sub>	R <sub>0</sub>
G <sub>1</sub>	R <sub>1</sub>	G <sub>1</sub>	B <sub>1</sub>	G <sub>1</sub>	R <sub>1</sub>	G <sub>1</sub>	B <sub>1</sub>
G <sub>0</sub>	R <sub>0</sub>	G <sub>0</sub>	B <sub>0</sub>	G <sub>0</sub>	R <sub>0</sub>	G <sub>0</sub>	B <sub>0</sub>
G <sub>1</sub>	B <sub>1</sub>	G <sub>1</sub>	R <sub>1</sub>	G <sub>1</sub>	B <sub>1</sub>	G <sub>1</sub>	R <sub>1</sub>
G <sub>0</sub>	B <sub>0</sub>	G <sub>0</sub>	R <sub>0</sub>	G <sub>0</sub>	B <sub>0</sub>	G <sub>0</sub>	R <sub>0</sub>
G <sub>1</sub>	R <sub>1</sub>	G <sub>1</sub>	B <sub>1</sub>	G <sub>1</sub>	R <sub>1</sub>	G <sub>1</sub>	B <sub>1</sub>
G <sub>0</sub>	R <sub>0</sub>	G <sub>0</sub>	B <sub>0</sub>	G <sub>0</sub>	R <sub>0</sub>	G <sub>0</sub>	B <sub>0</sub>

図10

M <sub>1</sub>	Y <sub>1</sub>	M <sub>0</sub>	Y <sub>0</sub>	M <sub>1</sub>	Y <sub>1</sub>	M <sub>0</sub>	Y <sub>0</sub>
G <sub>1</sub>	C <sub>1</sub>	G <sub>0</sub>	C <sub>0</sub>	G <sub>1</sub>	C <sub>1</sub>	G <sub>0</sub>	C <sub>0</sub>
M <sub>0</sub>	Y <sub>0</sub>	M <sub>1</sub>	Y <sub>1</sub>	M <sub>0</sub>	Y <sub>0</sub>	M <sub>1</sub>	Y <sub>1</sub>
G <sub>0</sub>	C <sub>0</sub>	G <sub>1</sub>	C <sub>1</sub>	G <sub>0</sub>	C <sub>0</sub>	G <sub>1</sub>	C <sub>1</sub>
M <sub>1</sub>	Y <sub>1</sub>	M <sub>0</sub>	Y <sub>0</sub>	M <sub>1</sub>	Y <sub>1</sub>	M <sub>0</sub>	Y <sub>0</sub>
G <sub>1</sub>	C <sub>1</sub>	G <sub>0</sub>	C <sub>0</sub>	G <sub>1</sub>	C <sub>1</sub>	G <sub>0</sub>	C <sub>0</sub>
M <sub>0</sub>	Y <sub>0</sub>	M <sub>1</sub>	Y <sub>1</sub>	M <sub>0</sub>	Y <sub>0</sub>	M <sub>1</sub>	Y <sub>1</sub>
G <sub>0</sub>	C <sub>0</sub>	G <sub>1</sub>	C <sub>1</sub>	G <sub>0</sub>	C <sub>0</sub>	G <sub>1</sub>	C <sub>1</sub>



WO 02/056603

PCT/JP02/00035

7/90

図11

Y <sub>1</sub>	M <sub>0</sub>	G <sub>1</sub>	C <sub>0</sub>	Y <sub>1</sub>	M <sub>0</sub>	G <sub>1</sub>	C <sub>0</sub>
Y <sub>0</sub>	C <sub>1</sub>	G <sub>0</sub>	M <sub>1</sub>	Y <sub>0</sub>	C <sub>1</sub>	G <sub>0</sub>	M <sub>1</sub>
G <sub>1</sub>	C <sub>0</sub>	Y <sub>1</sub>	M <sub>0</sub>	G <sub>1</sub>	C <sub>0</sub>	Y <sub>1</sub>	M <sub>0</sub>
G <sub>0</sub>	M <sub>1</sub>	Y <sub>0</sub>	C <sub>1</sub>	G <sub>0</sub>	M <sub>1</sub>	Y <sub>0</sub>	C <sub>1</sub>
Y <sub>1</sub>	M <sub>0</sub>	G <sub>1</sub>	C <sub>0</sub>	Y <sub>1</sub>	M <sub>0</sub>	G <sub>1</sub>	C <sub>0</sub>
Y <sub>0</sub>	C <sub>1</sub>	G <sub>0</sub>	M <sub>1</sub>	Y <sub>0</sub>	C <sub>1</sub>	G <sub>0</sub>	M <sub>1</sub>
G <sub>1</sub>	C <sub>0</sub>	Y <sub>1</sub>	M <sub>0</sub>	G <sub>1</sub>	C <sub>0</sub>	Y <sub>1</sub>	M <sub>0</sub>
G <sub>0</sub>	M <sub>1</sub>	Y <sub>0</sub>	C <sub>1</sub>	G <sub>0</sub>	M <sub>1</sub>	Y <sub>0</sub>	C <sub>1</sub>

図12

G <sub>2</sub>	R <sub>2</sub>	B <sub>2</sub>	G <sub>2</sub>	R <sub>2</sub>	B <sub>2</sub>
G <sub>1</sub>	R <sub>1</sub>	B <sub>1</sub>	G <sub>1</sub>	R <sub>1</sub>	B <sub>1</sub>
G <sub>0</sub>	R <sub>0</sub>	B <sub>0</sub>	G <sub>0</sub>	R <sub>0</sub>	B <sub>0</sub>
G <sub>2</sub>	R <sub>2</sub>	B <sub>2</sub>	G <sub>2</sub>	R <sub>2</sub>	B <sub>2</sub>
G <sub>1</sub>	R <sub>1</sub>	B <sub>1</sub>	G <sub>1</sub>	R <sub>1</sub>	B <sub>1</sub>
G <sub>0</sub>	R <sub>0</sub>	B <sub>0</sub>	G <sub>0</sub>	R <sub>0</sub>	B <sub>0</sub>

PCT/JP02/00035

8/90

図13

B <sub>2</sub>	R <sub>0</sub>	G <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	R <sub>0</sub>	G <sub>1</sub>
R <sub>1</sub>	G <sub>2</sub>	B <sub>0</sub>	R <sub>1</sub>	G <sub>2</sub>	B <sub>0</sub>
G <sub>0</sub>	B <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	G <sub>0</sub>	B <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>
B <sub>2</sub>	R <sub>0</sub>	G <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	R <sub>0</sub>	G <sub>1</sub>
R <sub>1</sub>	G <sub>2</sub>	B <sub>0</sub>	R <sub>1</sub>	G <sub>2</sub>	B <sub>0</sub>
G <sub>0</sub>	B <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	G <sub>0</sub>	B <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>

図14

B <sub>3</sub>	G <sub>2</sub>	B <sub>0</sub>	G <sub>3</sub>	B <sub>3</sub>	G <sub>2</sub>	B <sub>0</sub>	G <sub>3</sub>
G <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	G <sub>0</sub>	R <sub>1</sub>	G <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	G <sub>0</sub>	R <sub>1</sub>
B <sub>1</sub>	G <sub>3</sub>	B <sub>2</sub>	G <sub>2</sub>	B <sub>1</sub>	G <sub>3</sub>	B <sub>2</sub>	G <sub>2</sub>
G <sub>0</sub>	R <sub>0</sub>	G <sub>1</sub>	R <sub>3</sub>	G <sub>0</sub>	R <sub>0</sub>	G <sub>1</sub>	R <sub>3</sub>
B <sub>3</sub>	G <sub>2</sub>	B <sub>0</sub>	G <sub>3</sub>	B <sub>3</sub>	G <sub>2</sub>	B <sub>0</sub>	G <sub>3</sub>
G <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	G <sub>0</sub>	R <sub>1</sub>	G <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	G <sub>0</sub>	R <sub>1</sub>
B <sub>1</sub>	G <sub>3</sub>	B <sub>2</sub>	G <sub>2</sub>	B <sub>1</sub>	G <sub>3</sub>	B <sub>2</sub>	G <sub>2</sub>
G <sub>0</sub>	R <sub>0</sub>	G <sub>1</sub>	R <sub>3</sub>	G <sub>0</sub>	R <sub>0</sub>	G <sub>1</sub>	R <sub>3</sub>

WO 02/056603

PCT/JP02/00035

9/90

図15

B <sub>3</sub>	G <sub>1</sub>	B <sub>0</sub>	G <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	G <sub>1</sub>	B <sub>0</sub>	G <sub>2</sub>
G <sub>2</sub>	R <sub>2</sub>	G <sub>1</sub>	R <sub>1</sub>	G <sub>2</sub>	R <sub>2</sub>	G <sub>1</sub>	R <sub>1</sub>
B <sub>1</sub>	G <sub>3</sub>	B <sub>2</sub>	G <sub>0</sub>	B <sub>1</sub>	G <sub>3</sub>	B <sub>2</sub>	G <sub>0</sub>
G <sub>0</sub>	R <sub>0</sub>	G <sub>3</sub>	R <sub>3</sub>	G <sub>0</sub>	R <sub>0</sub>	G <sub>3</sub>	R <sub>3</sub>
B <sub>3</sub>	G <sub>1</sub>	B <sub>0</sub>	G <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	G <sub>1</sub>	B <sub>0</sub>	G <sub>2</sub>
G <sub>2</sub>	R <sub>2</sub>	G <sub>1</sub>	R <sub>1</sub>	G <sub>2</sub>	R <sub>2</sub>	G <sub>1</sub>	R <sub>1</sub>
B <sub>1</sub>	G <sub>3</sub>	B <sub>2</sub>	G <sub>0</sub>	B <sub>1</sub>	G <sub>3</sub>	B <sub>2</sub>	G <sub>0</sub>
G <sub>0</sub>	R <sub>0</sub>	G <sub>3</sub>	R <sub>3</sub>	G <sub>0</sub>	R <sub>0</sub>	G <sub>3</sub>	R <sub>3</sub>

図16

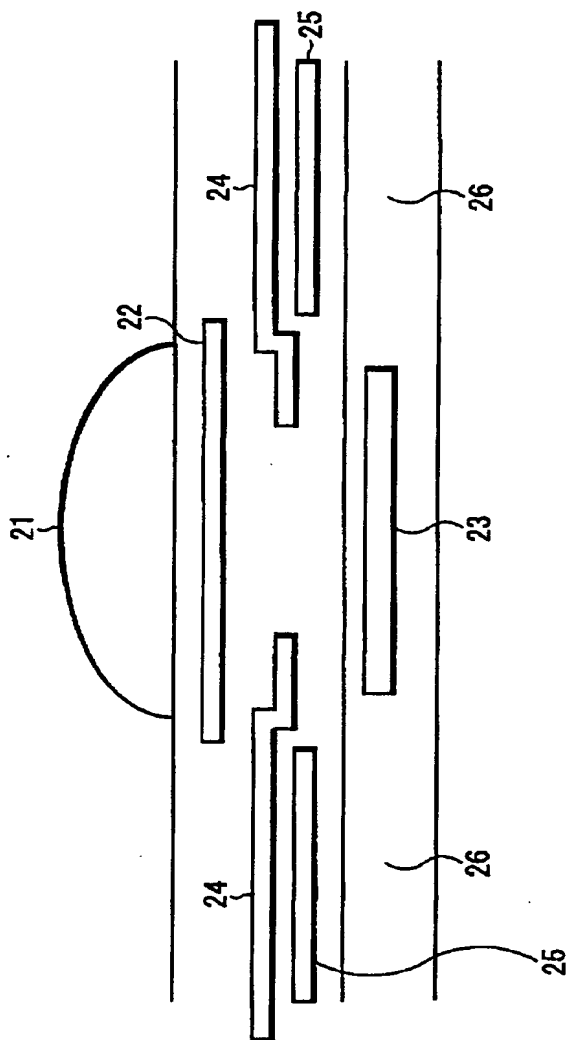
G <sub>3</sub>	G <sub>1</sub>	R <sub>3</sub>	B <sub>1</sub>	G <sub>3</sub>	G <sub>1</sub>	R <sub>3</sub>	B <sub>1</sub>
R <sub>0</sub>	B <sub>2</sub>	G <sub>0</sub>	G <sub>2</sub>	R <sub>0</sub>	B <sub>2</sub>	G <sub>0</sub>	G <sub>2</sub>
B <sub>3</sub>	R <sub>1</sub>	G <sub>3</sub>	G <sub>1</sub>	B <sub>3</sub>	R <sub>1</sub>	G <sub>3</sub>	G <sub>1</sub>
G <sub>0</sub>	G <sub>2</sub>	B <sub>0</sub>	R <sub>2</sub>	G <sub>0</sub>	G <sub>2</sub>	B <sub>0</sub>	R <sub>2</sub>
G <sub>3</sub>	G <sub>1</sub>	R <sub>3</sub>	B <sub>1</sub>	G <sub>3</sub>	G <sub>1</sub>	R <sub>3</sub>	B <sub>1</sub>
R <sub>0</sub>	B <sub>2</sub>	G <sub>0</sub>	G <sub>2</sub>	R <sub>0</sub>	B <sub>2</sub>	G <sub>0</sub>	G <sub>2</sub>
B <sub>3</sub>	R <sub>1</sub>	G <sub>3</sub>	G <sub>1</sub>	B <sub>3</sub>	R <sub>1</sub>	G <sub>3</sub>	G <sub>1</sub>
G <sub>0</sub>	G <sub>2</sub>	B <sub>0</sub>	R <sub>2</sub>	G <sub>0</sub>	G <sub>2</sub>	B <sub>0</sub>	R <sub>2</sub>

WO 02/056603

PCT/JP02/00035

11/90

図19

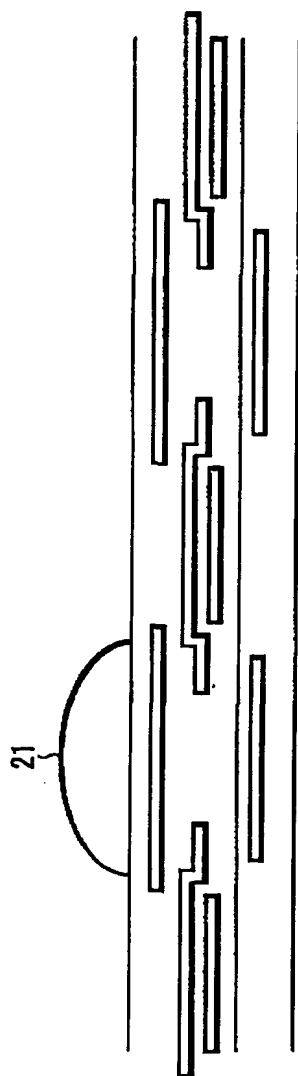


WO 02/056603

PCT/JP02/00035

12/90

図20

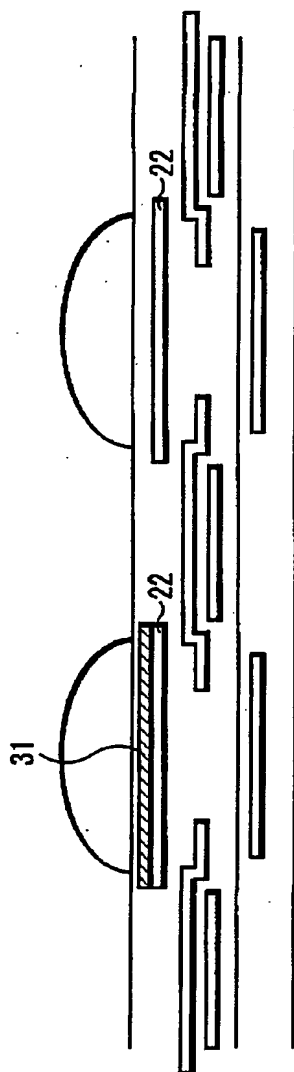


WO 02/056603

PCT/JP02/00035

13/90

図21

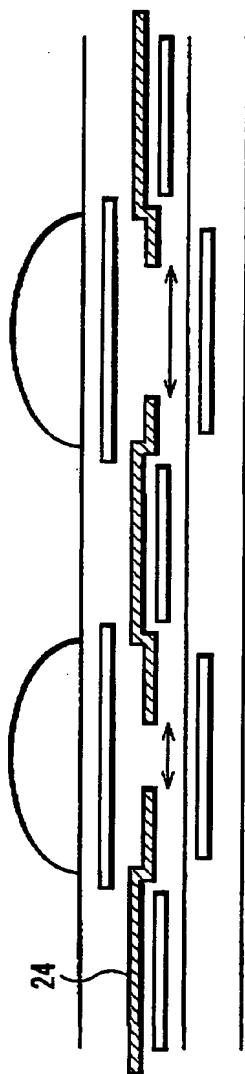


WO 02/056603

PCT/JP02/00035

14/90

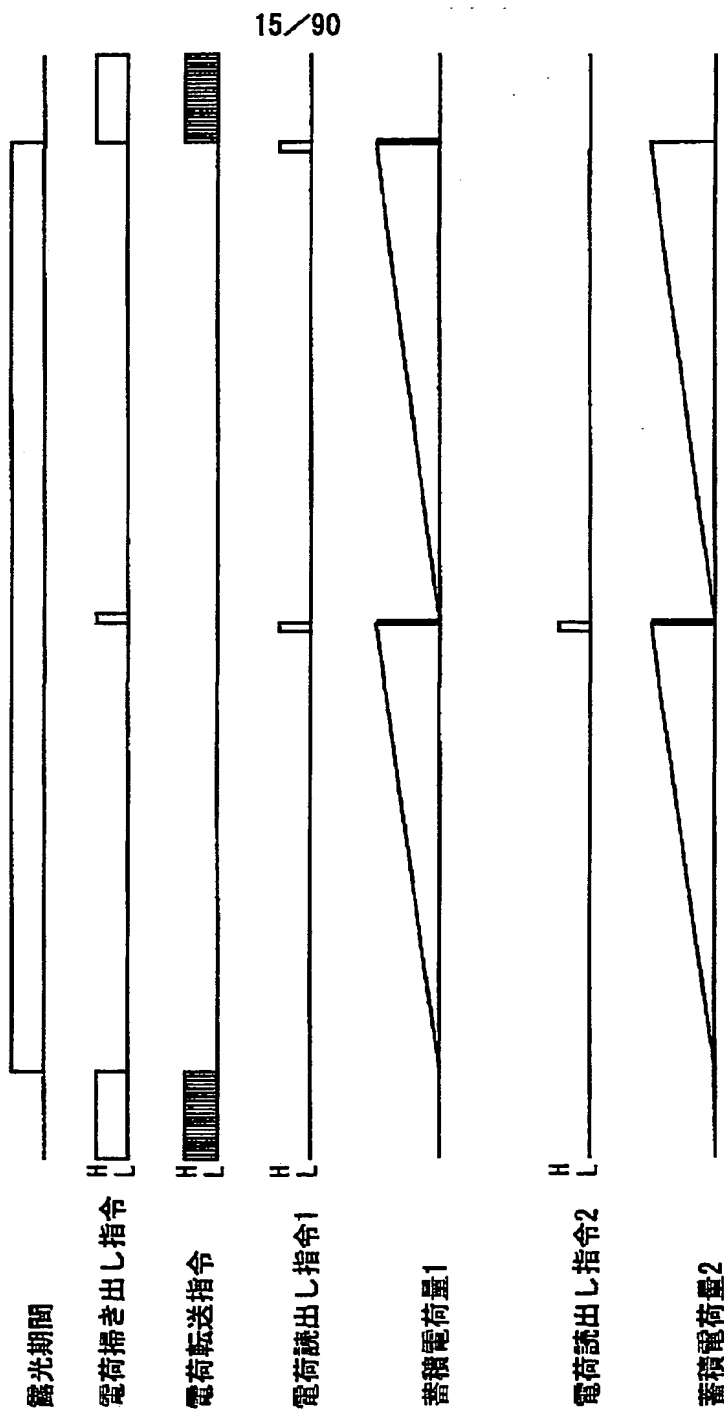
図22



WO 02/056603

PCT/JP02/00035

図23

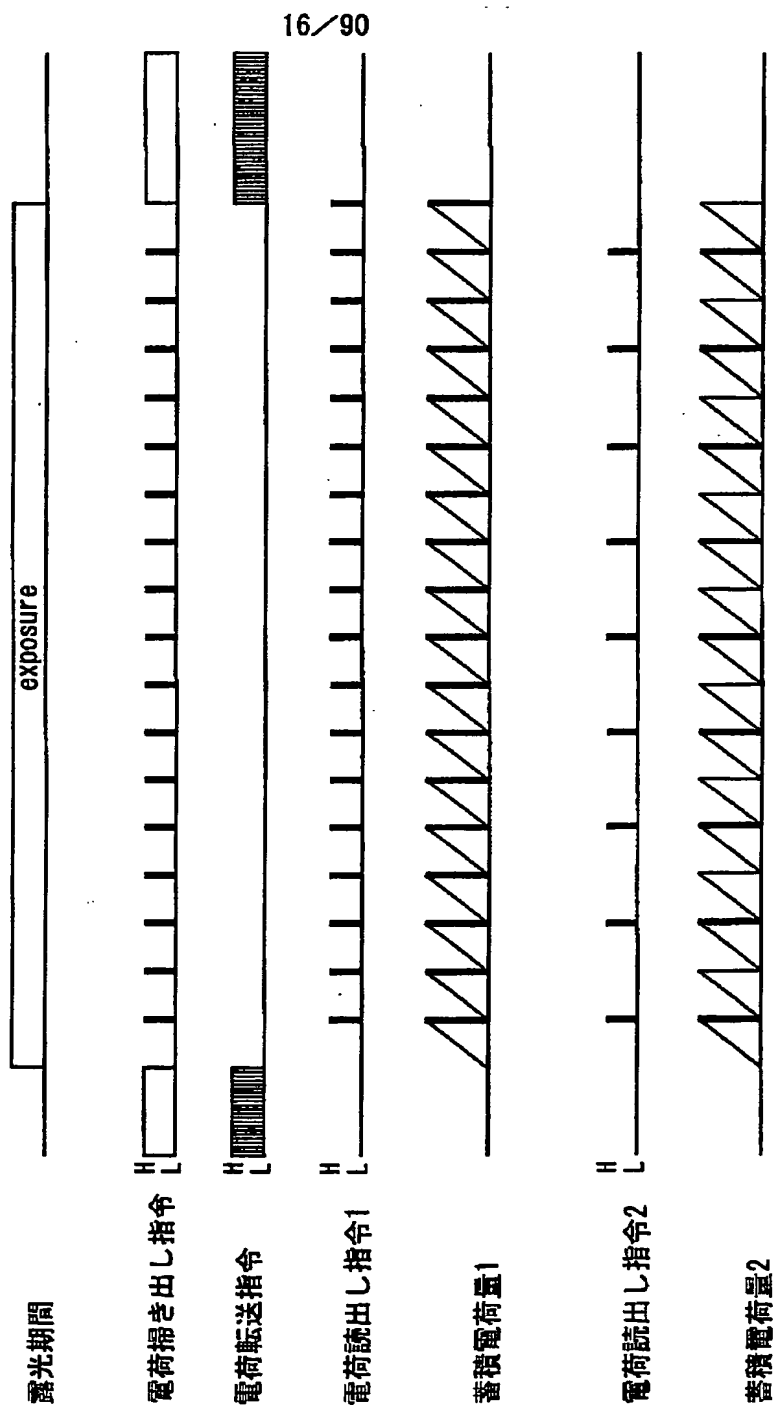




WO 02/056603

PCT/JP02/00035

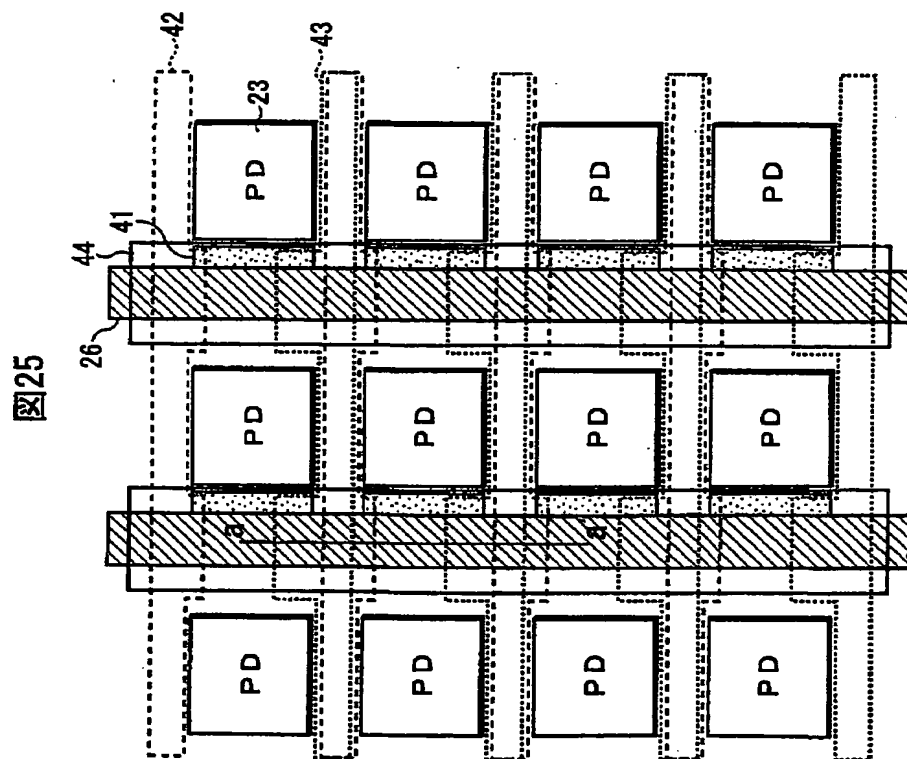
図24



WO 02/056603

PCT/JP02/00035

17/90

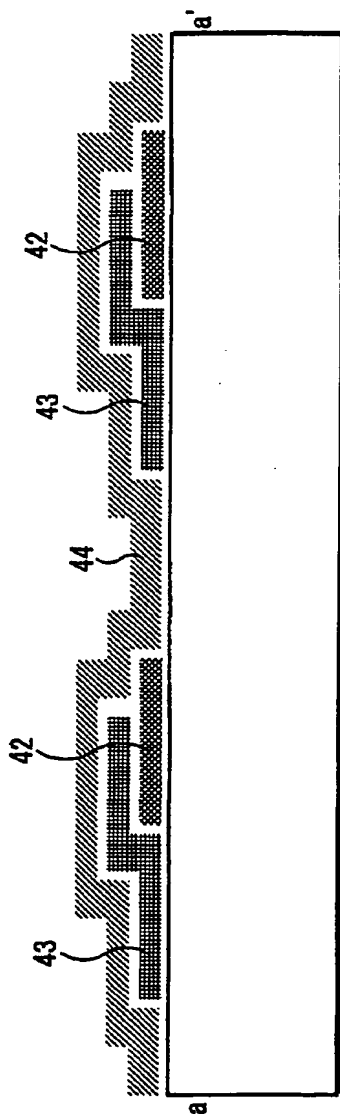


WO 02/056603

PCT/JP02/00035

18/90

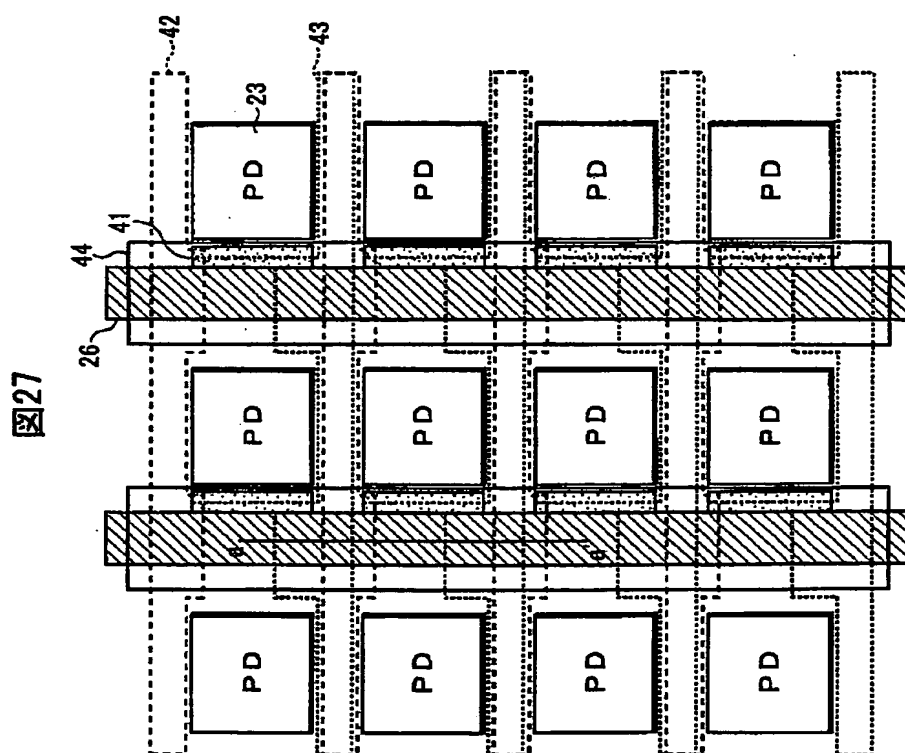
図26



WO 02/056603

PCT/JP02/00035

19/90



WO 02/056603

PCT/JP02/00035

20/90

図28

OR	OR	OR	OR	OR	OR	OR	OR
AND	AND	AND	AND	AND	AND	AND	AND
OR	OR	OR	OR	OR	OR	OR	OR
AND	AND	AND	AND	AND	AND	AND	AND
OR	OR	OR	OR	OR	OR	OR	OR
AND	AND	AND	AND	AND	AND	AND	AND
OR	OR	OR	OR	OR	OR	OR	OR
AND	AND	AND	AND	AND	AND	AND	AND

図29

OR	OR	AND	OR	OR	OR	AND	OR
AND	AND	AND	OR	AND	AND	AND	OR
AND	OR	OR	OR	AND	OR	OR	OR
AND	OR	AND	AND	AND	OR	AND	AND
OR	OR	AND	OR	OR	OR	AND	OR
AND	AND	AND	OR	AND	AND	AND	OR
AND	OR	OR	OR	AND	OR	OR	OR
AND	OR	AND	AND	AND	OR	AND	AND

WO 02/056603

PCT/JP02/00035

21/90

図30

OR	AND	OR	AND	OR	AND	OR	AND
AND	OR	AND	OR	AND	OR	AND	OR
OR	AND	OR	AND	OR	AND	OR	AND
AND	OR	AND	OR	AND	OR	AND	OR
OR	AND	OR	AND	OR	AND	OR	AND
AND	OR	AND	OR	AND	OR	AND	OR
OR	AND	OR	AND	OR	AND	OR	AND
AND	OR	AND	OR	AND	OR	AND	OR

図31

OR	OR	OR	AND	OR	OR	OR	AND
AND	OR	AND	AND	AND	OR	AND	AND
OR	AND	OR	OR	OR	AND	OR	OR
AND	AND	AND	OR	AND	AND	AND	OR
OR	OR	OR	AND	OR	OR	OR	AND
AND	OR	AND	AND	AND	OR	AND	AND
OR	AND	OR	OR	OR	AND	OR	OR
AND	AND	AND	OR	AND	AND	AND	OR

WO 02/056603

PCT/JP02/00035

22/90

図32

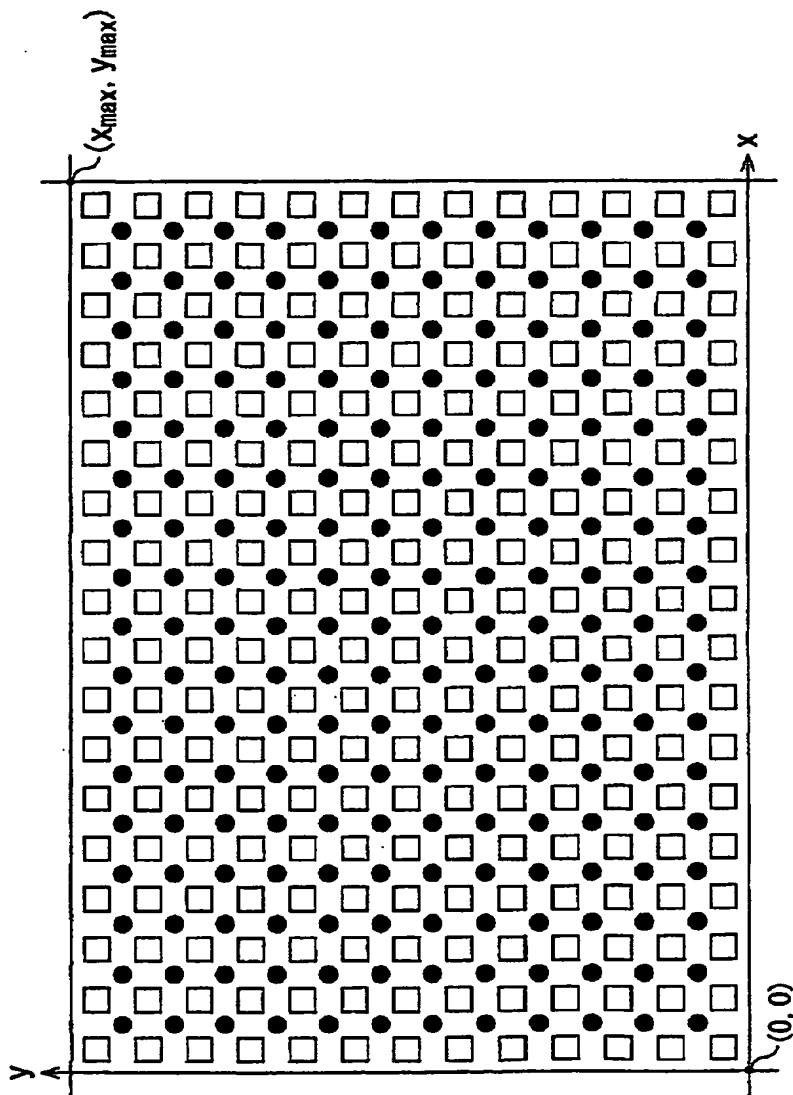
OR	OR	OR	OR	OR	OR	OR	OR
AND	AND	AND	AND	AND	AND	AND	AND
OR	OR	OR	OR	OR	OR	OR	OR
AND	AND	AND	AND	AND	AND	AND	AND
OR	OR	OR	OR	OR	OR	OR	OR
AND	AND	AND	AND	AND	AND	AND	AND
OR	OR	OR	OR	OR	OR	OR	OR
AND	AND	AND	AND	AND	AND	AND	AND

WO 02/056603

PCT/JP02/00035

23/90

図33

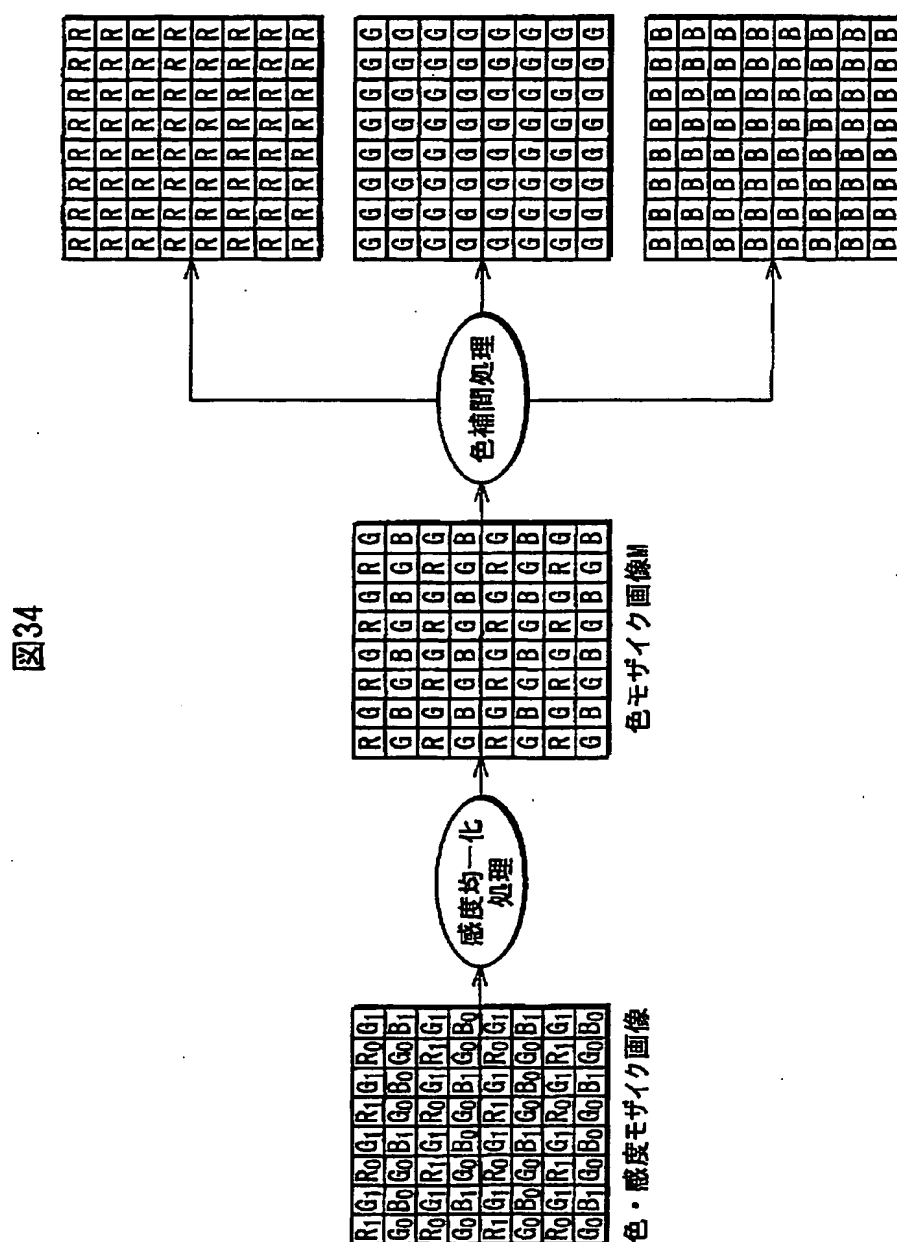




**WO 02/056603**

**PCT/JP02/00035**

24/90



WO 02/056603

PCT/JP02/00035

25/90

図35

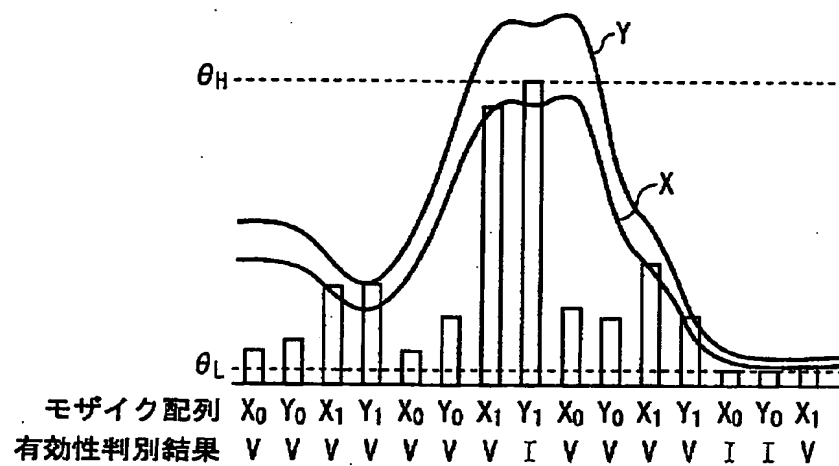
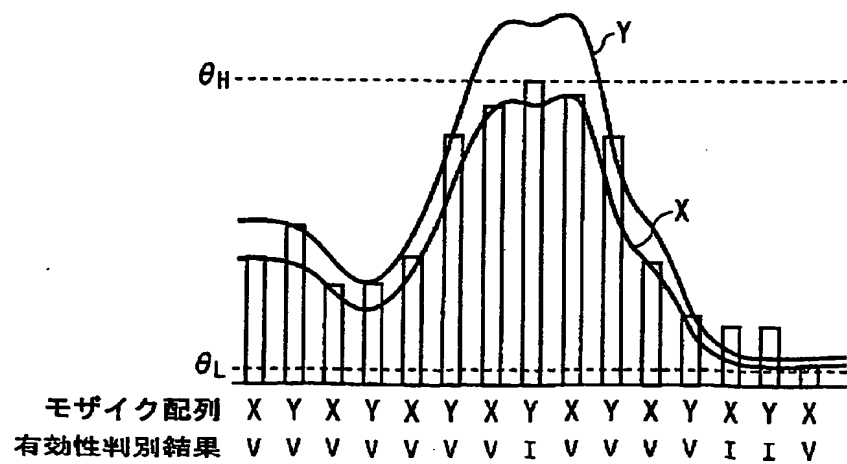


図36



WO 02/056603

PCT/JP02/00035

26/90

図37

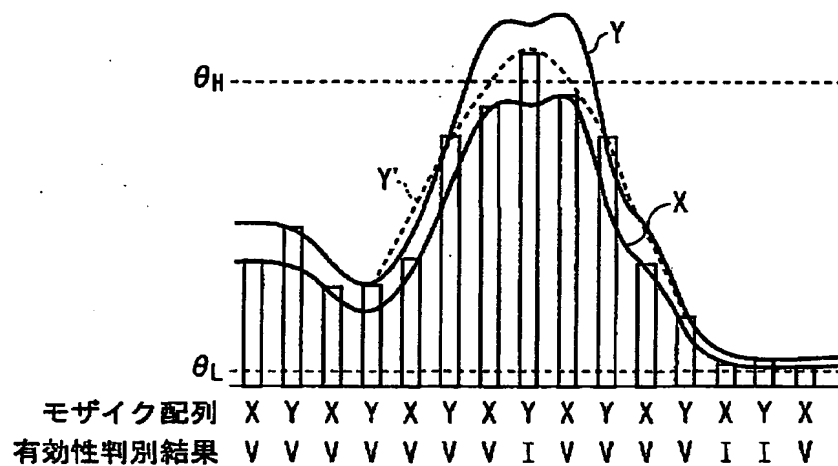
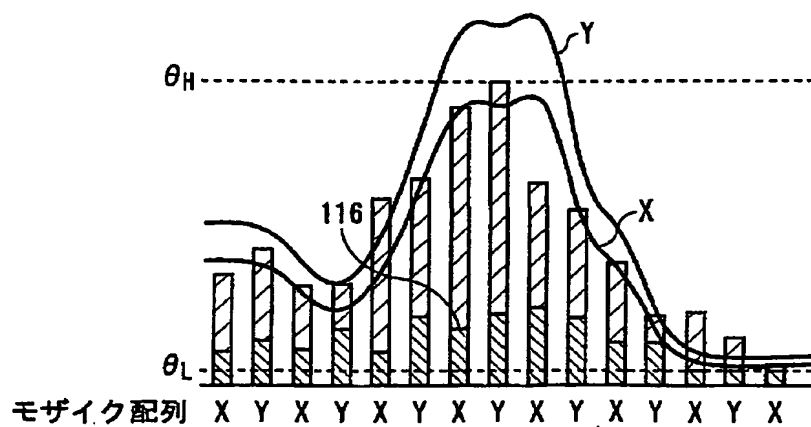


図38

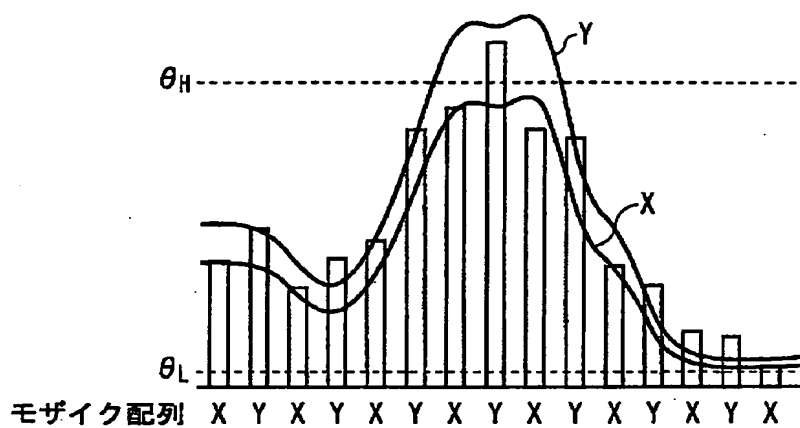


WO 02/056603

PCT/JP02/00035

27/90

図39

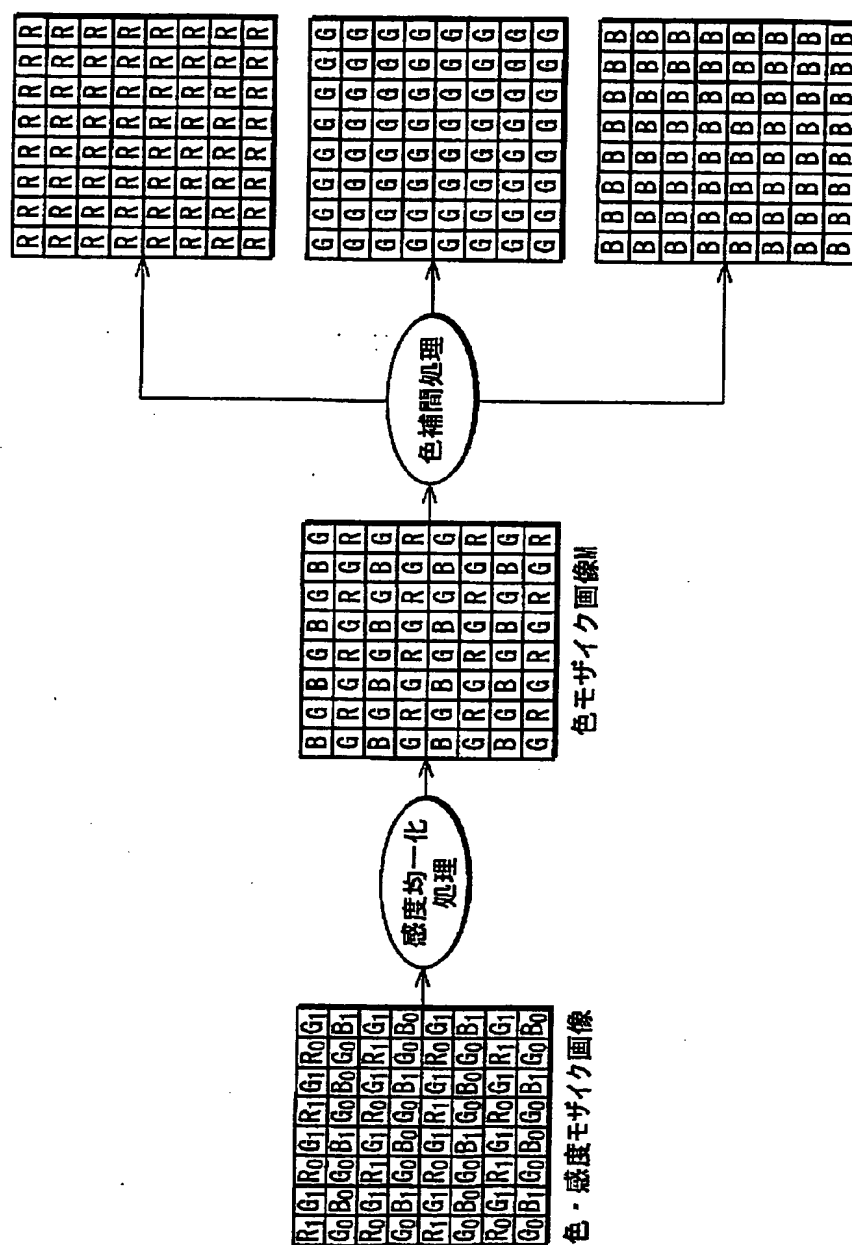


WO 02/056603

PCT/JP02/00035

28/90

図40



WO 02/056603

PCT/JP02/00035

29/90

図41

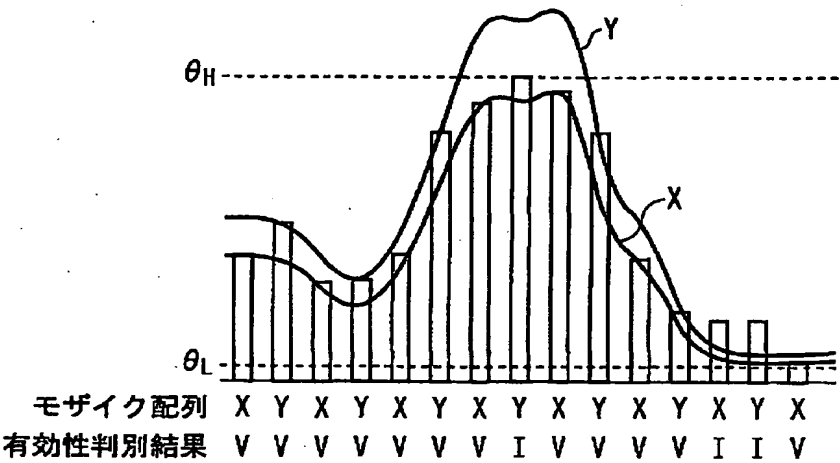
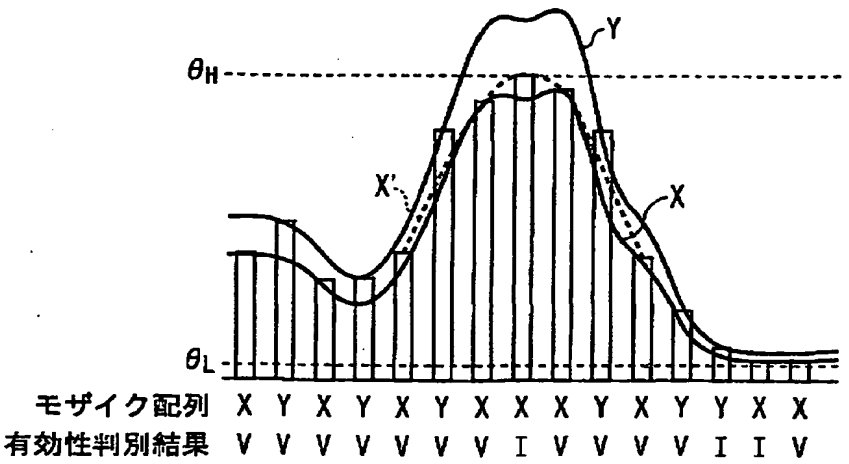


図42



WO 02/056603

PCT/JP02/00035

30/90

図43

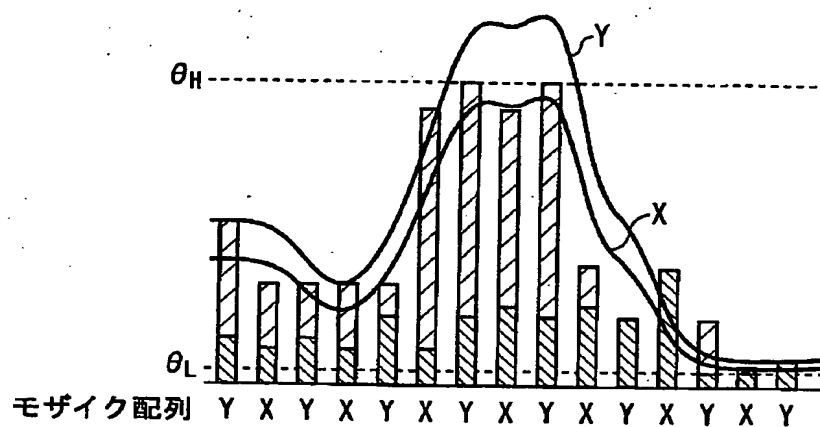
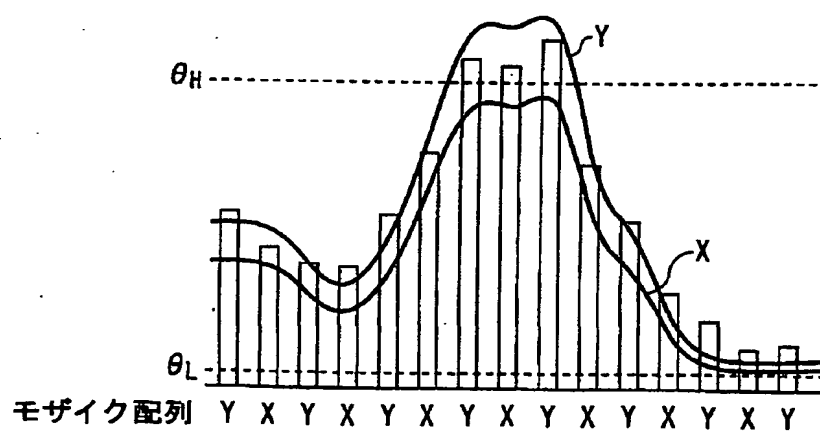


図44

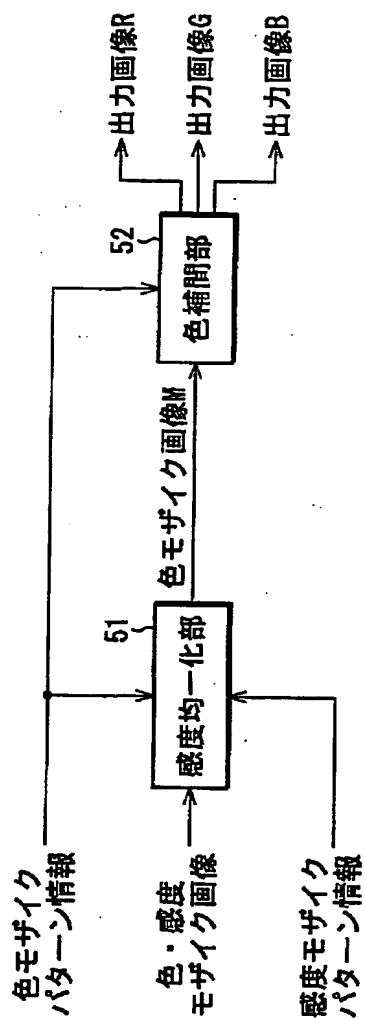


WO 02/056603

PCT/JP02/00035

31/90

図45



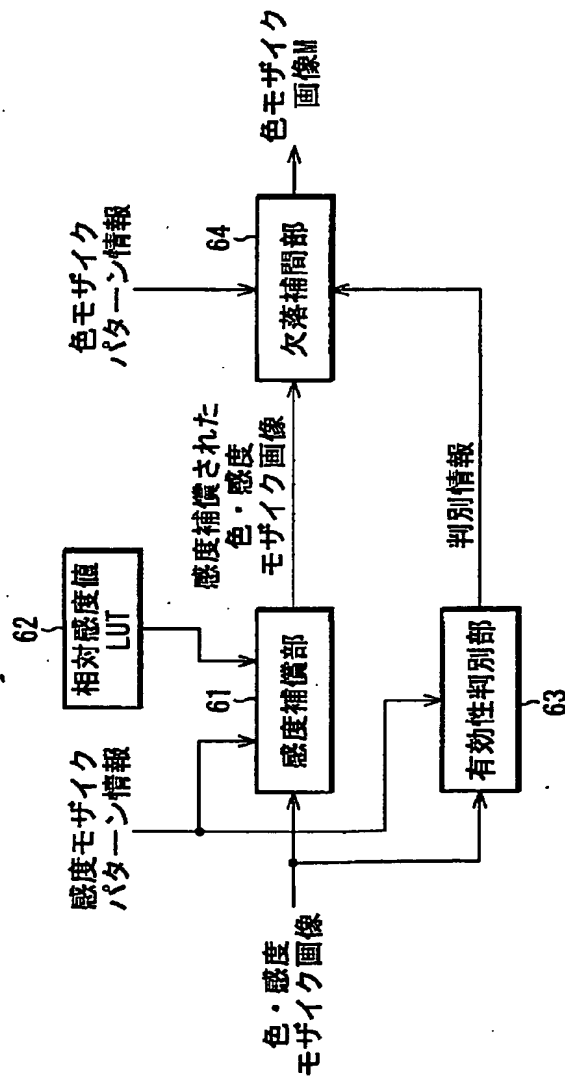


WO 02/056603

PCT/JP02/00035

32/90

図46

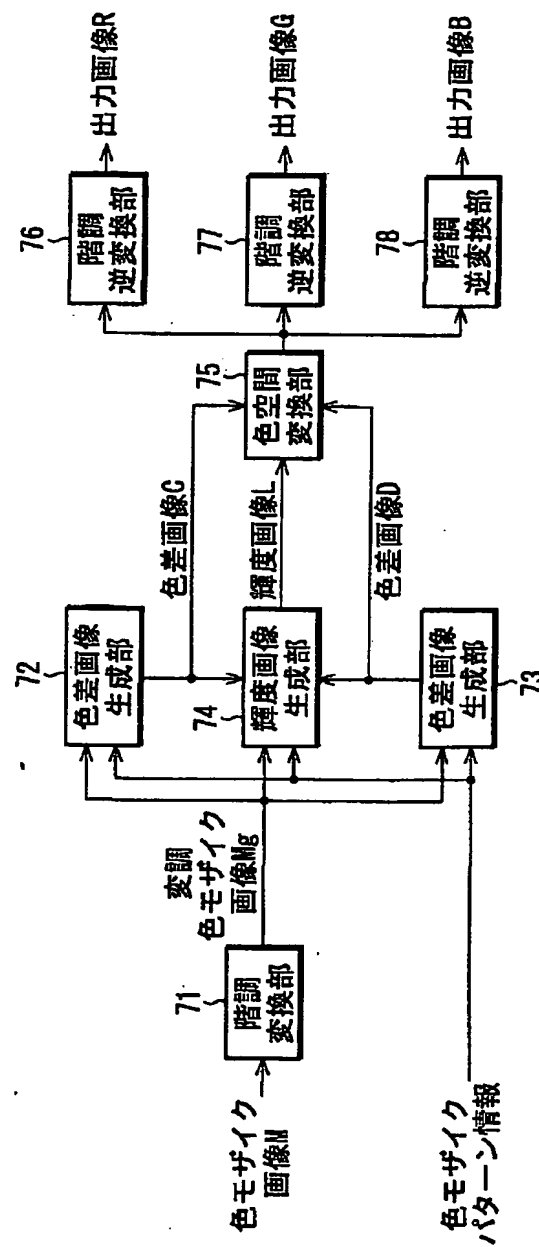


WO 02/056603

PCT/JP02/00035

33/90

図47

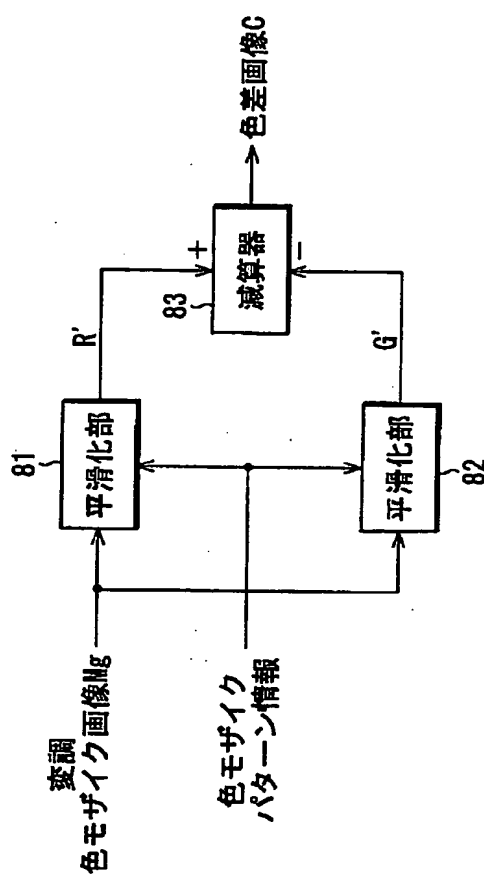


WO 02/056603

PCT/JP02/00035

34/90

図48

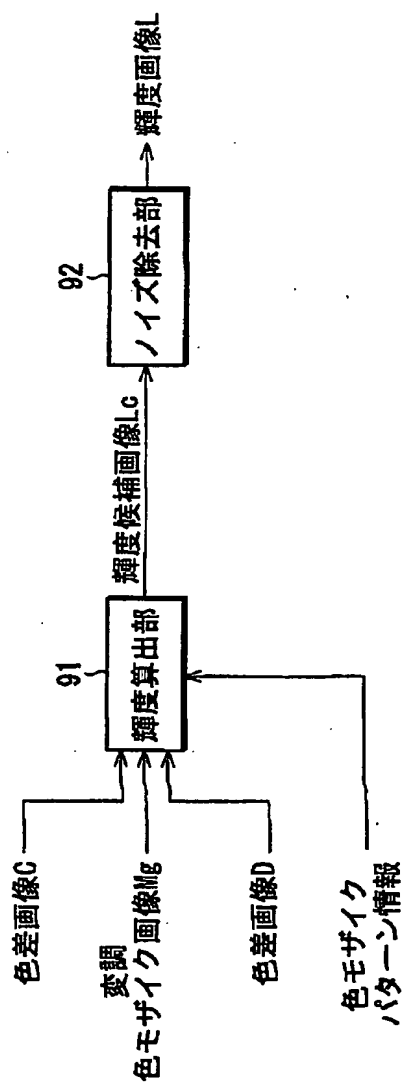


WO 02/056603

PCT/JP02/00035

35/90

図49



WO 02/056603

PCT/JP02/00035

36/90

図50

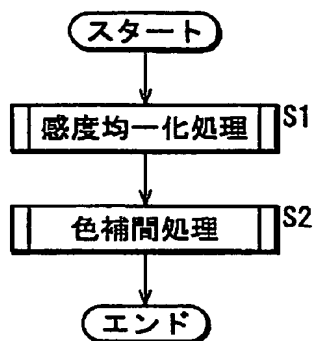
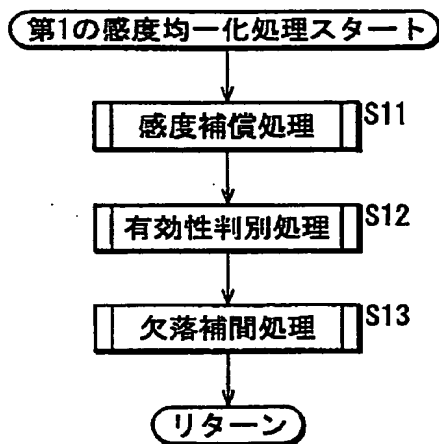


図51

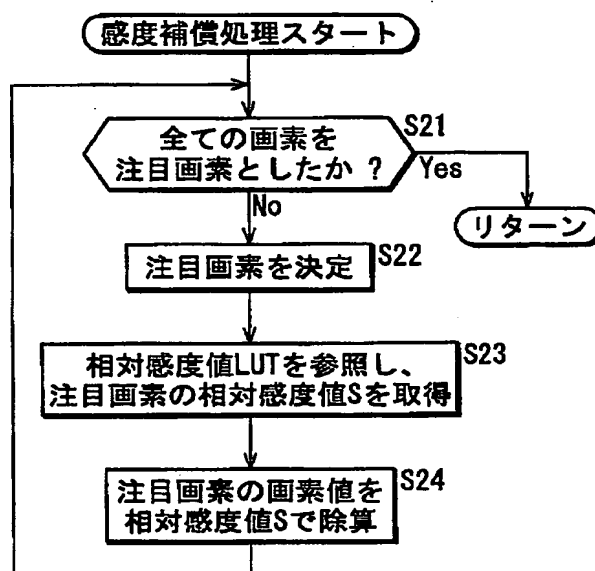


WO 02/056603

PCT/JP02/00035

37/90

図52

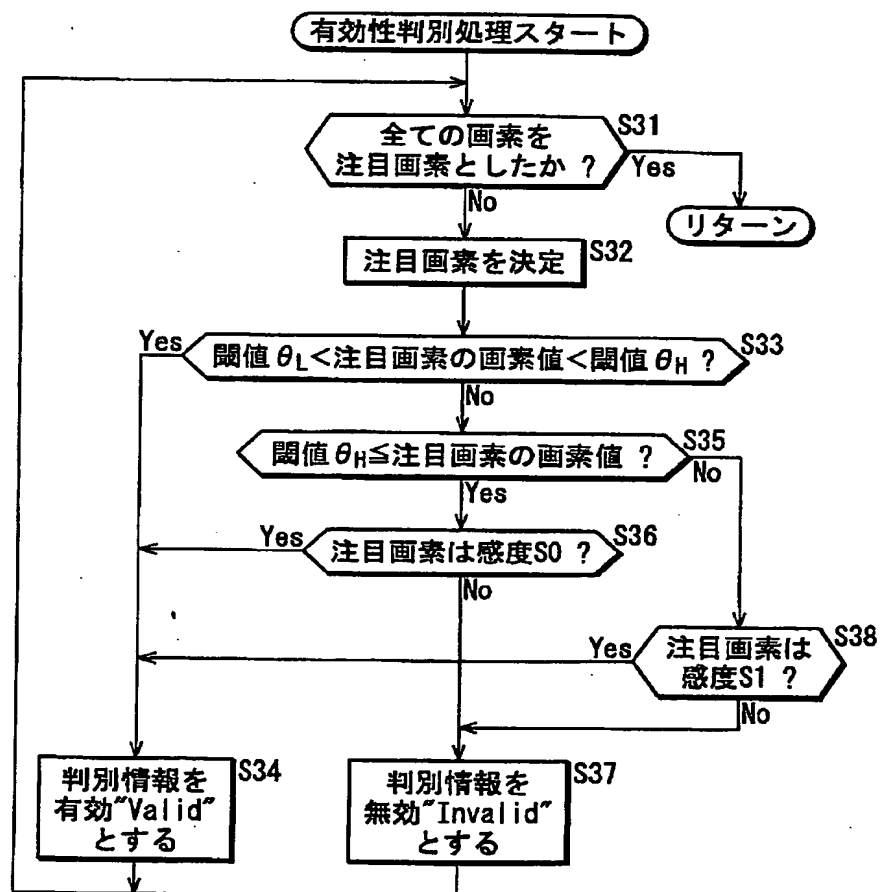


WO 02/056603

PCT/JP02/00035

38/90

図53

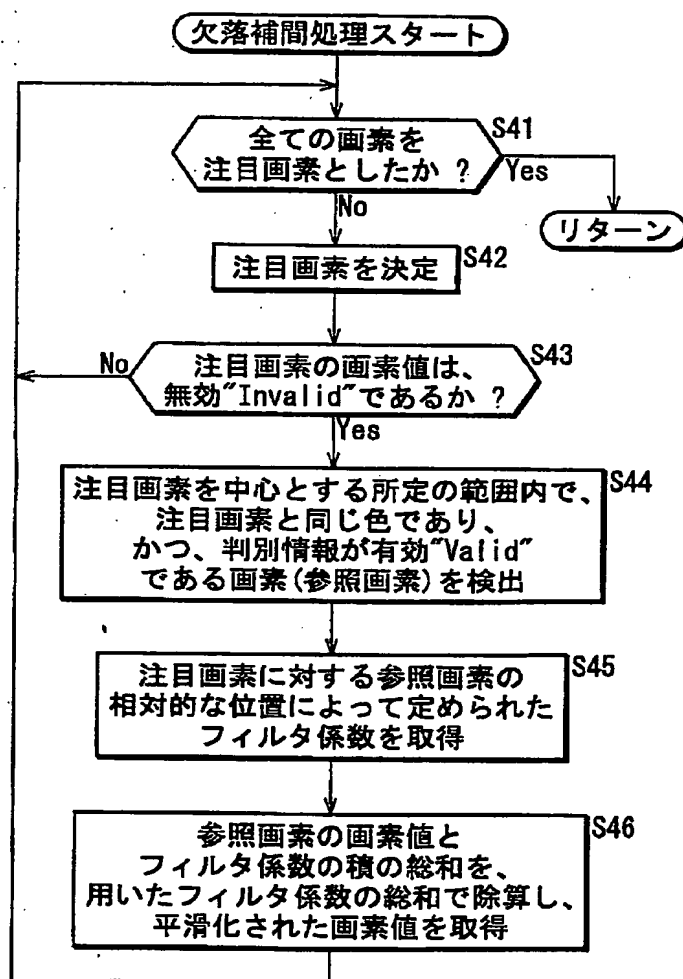


WO 02/056603

PCT/JP02/00035

39/90

図54



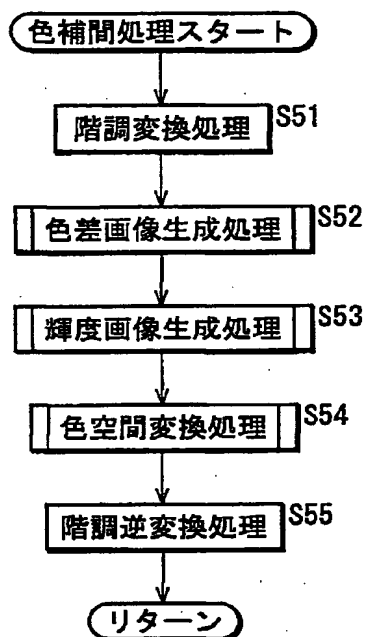


WO 02/056603

PCT/JP02/00035

40/90

図55

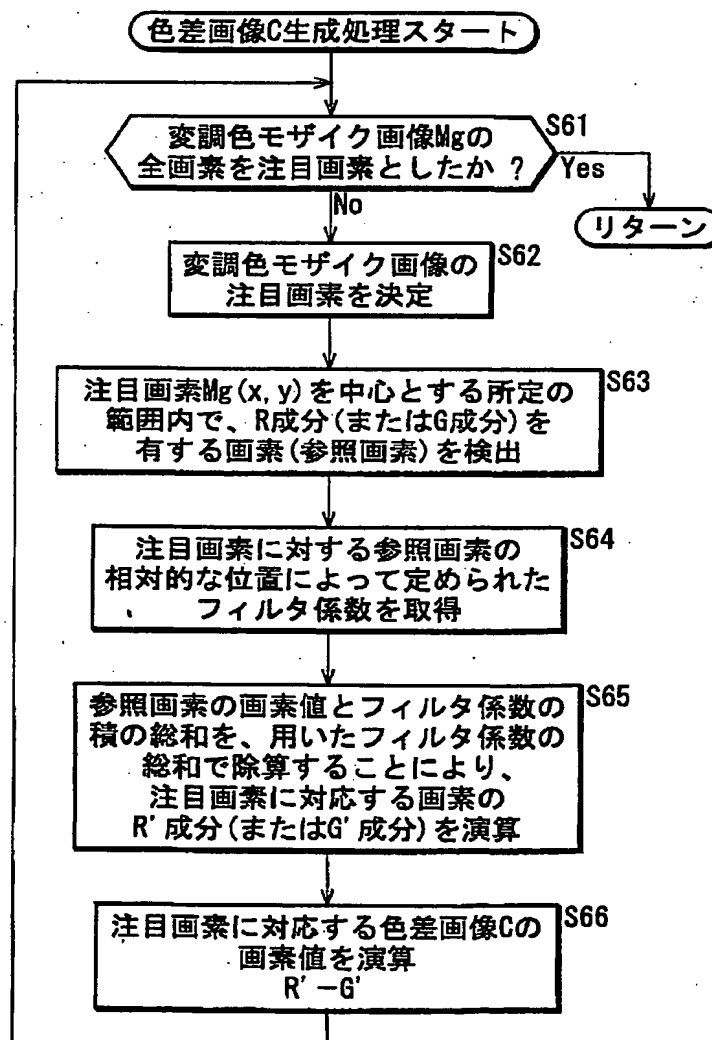


WO 02/056603

PCT/JP02/00035

41/90

図56

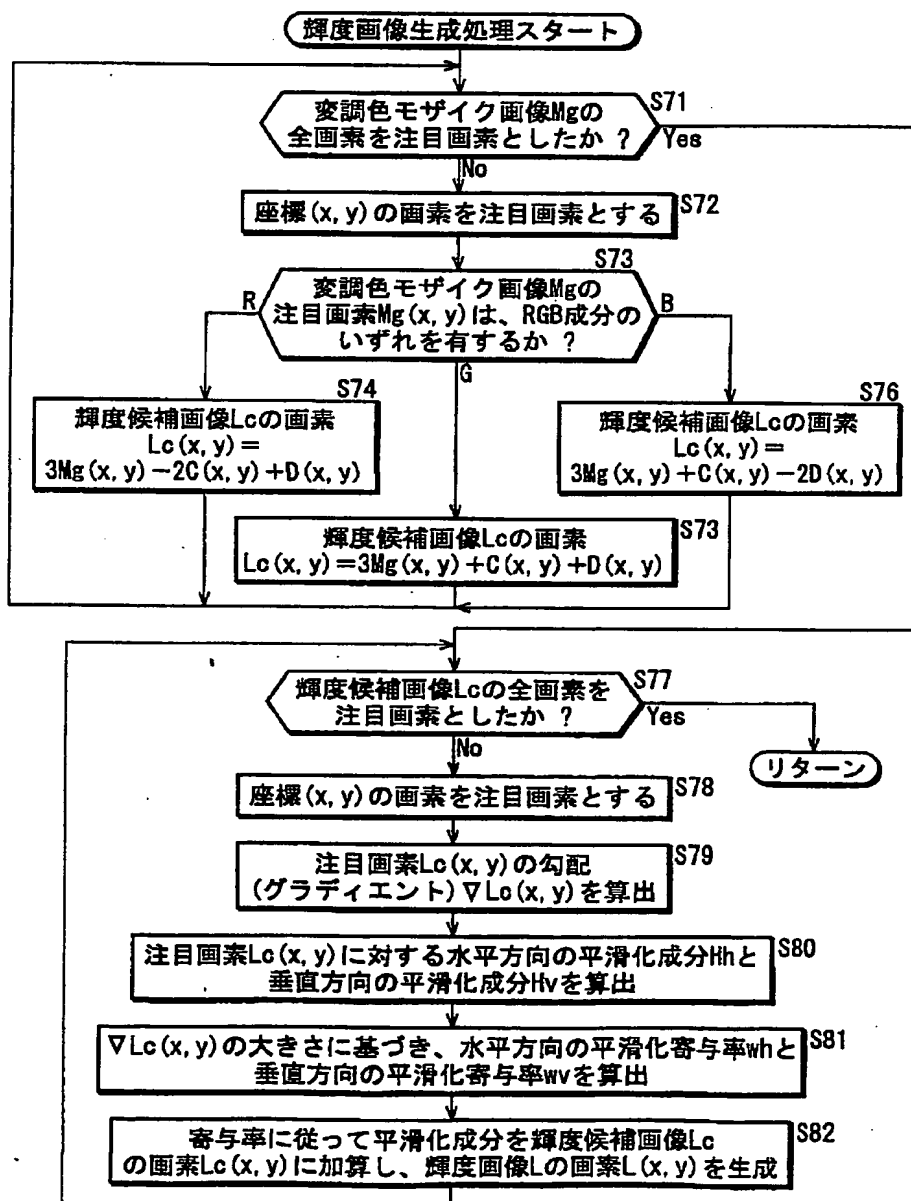


WO 02/056603

PCT/JP02/00035

42/90

図57

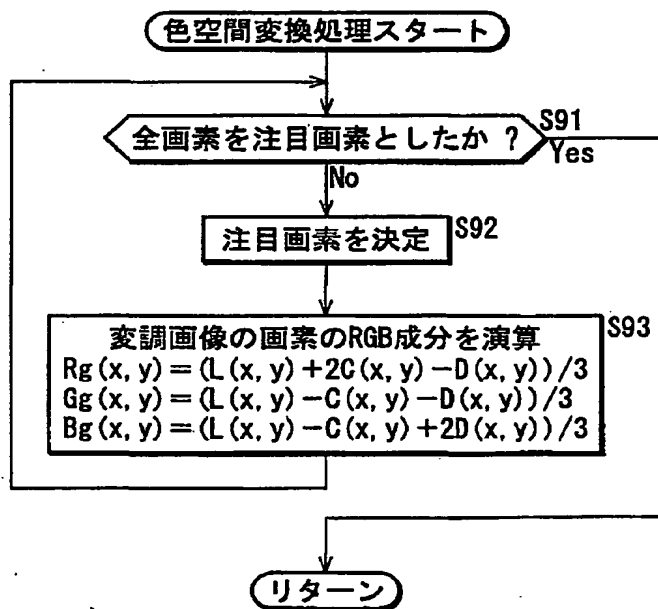


WO 02/056603

PCT/JP02/00035

43/90

図58

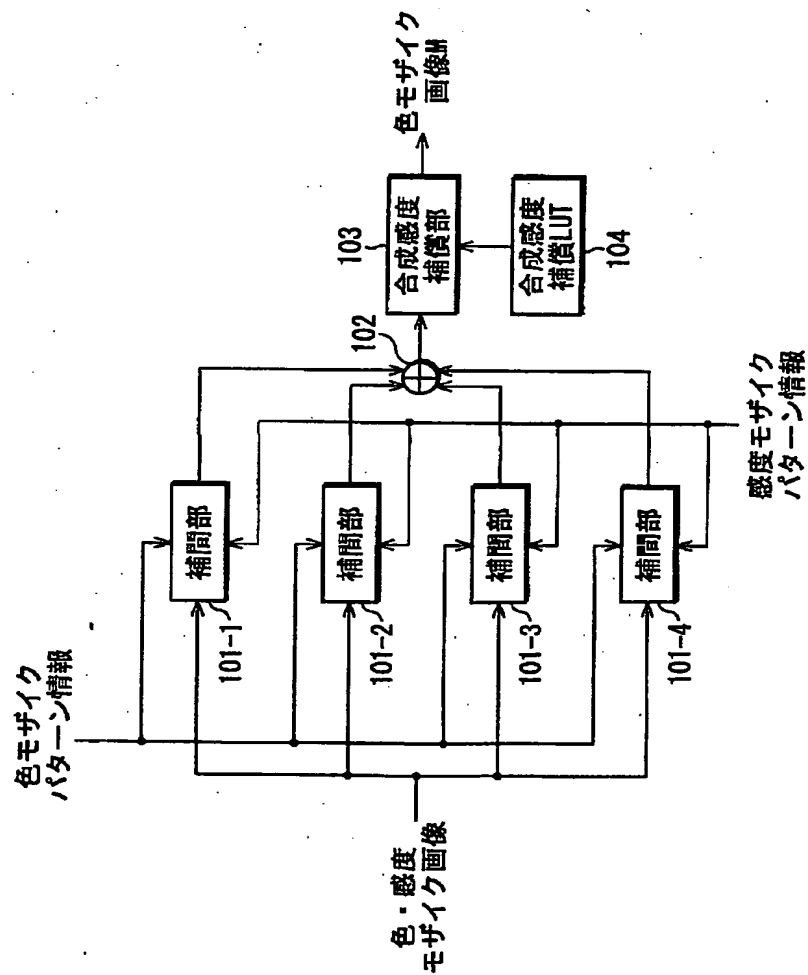


WO 02/056603

PCT/JP02/00035

44/90

図59

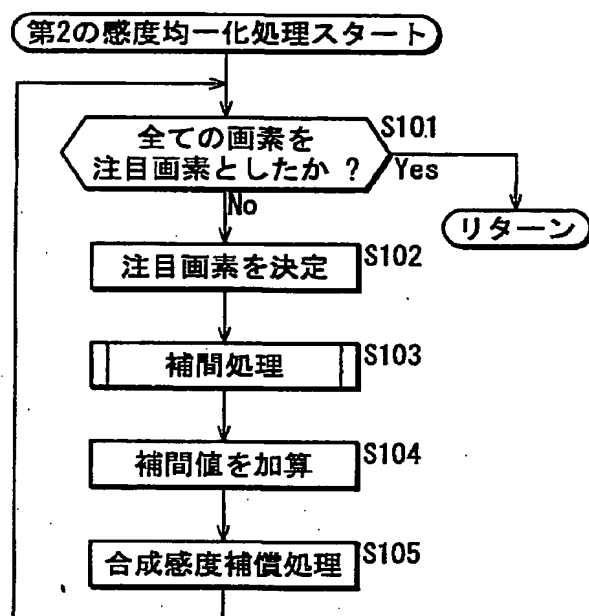


WO 02/056603

PCT/JP02/00035

45/90

図60

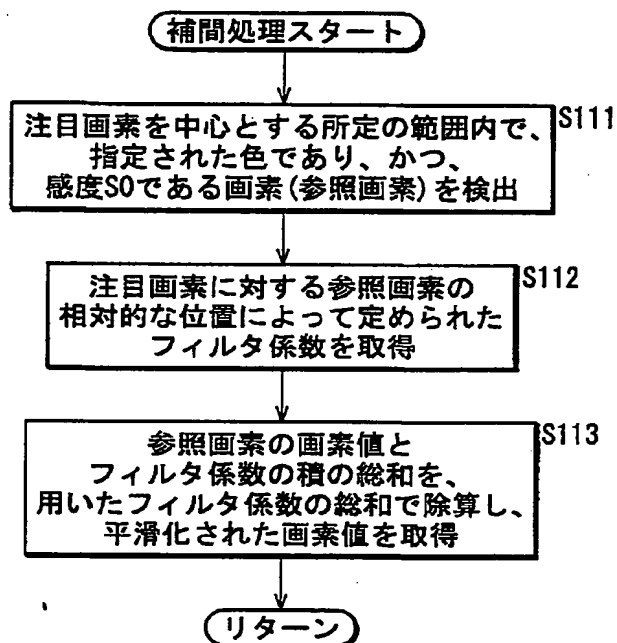


WO 02/056603

PCT/JP02/00035

46/90

図61

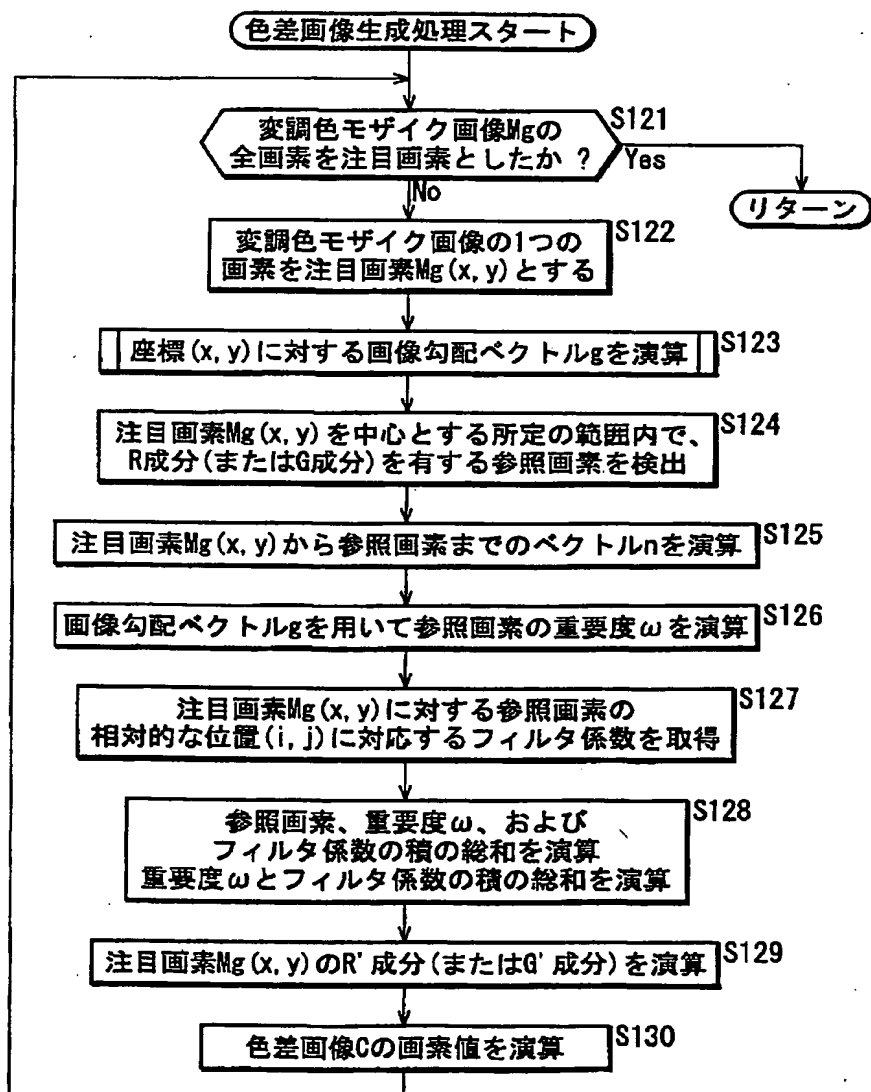


WO 02/056603

PCT/JP02/00035

47/90

図62



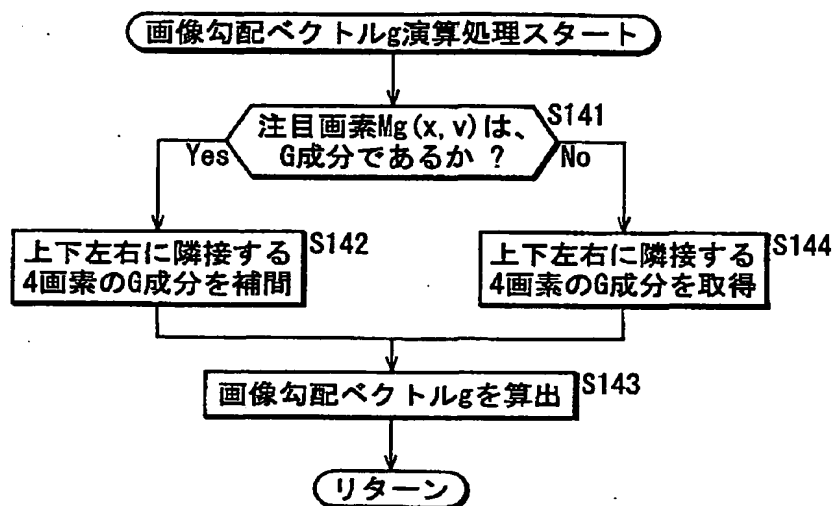


WO 02/056603

PCT/JP02/00035

48/90

図63

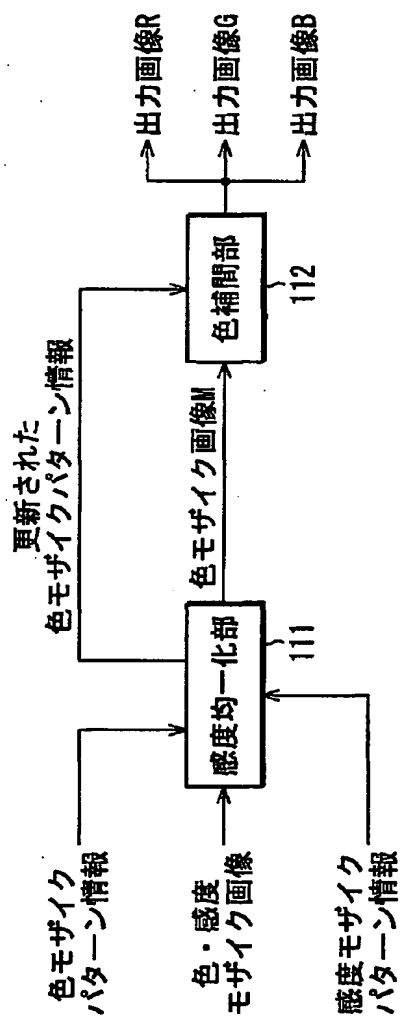


WO 02/056603

PCT/JP02/00035

49/90

図64

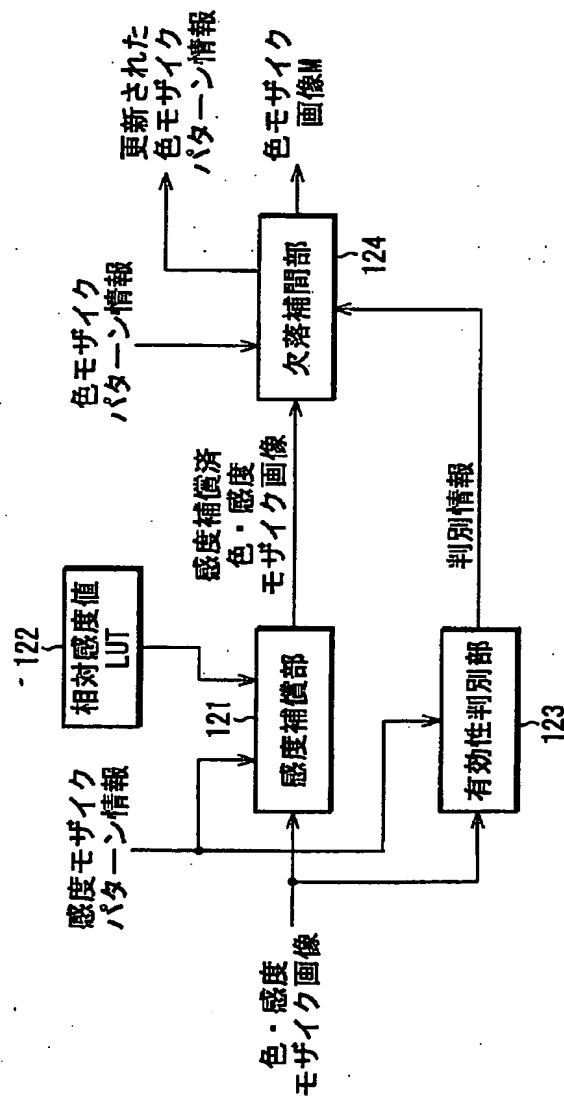


WO 02/056603

PCT/JP02/00035

50/90

図65

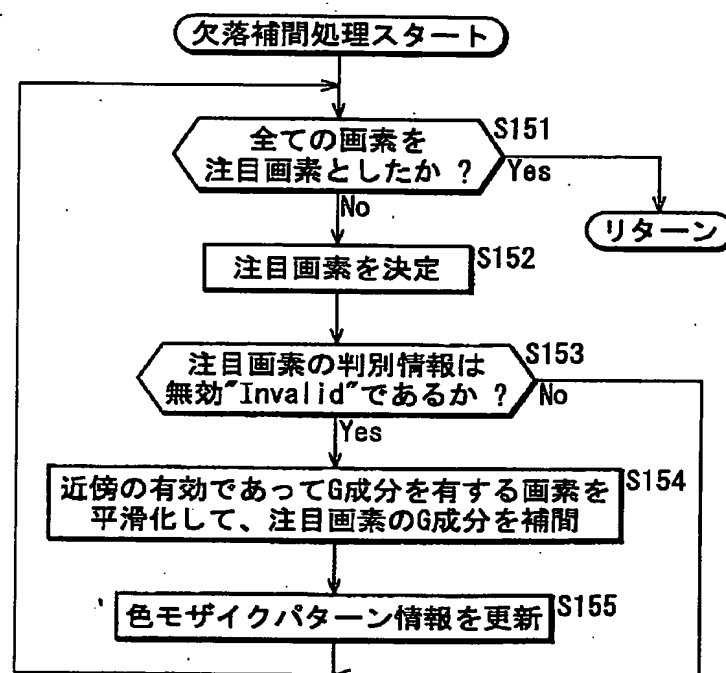


WO 02/056603

PCT/JP02/00035

51/90

図66

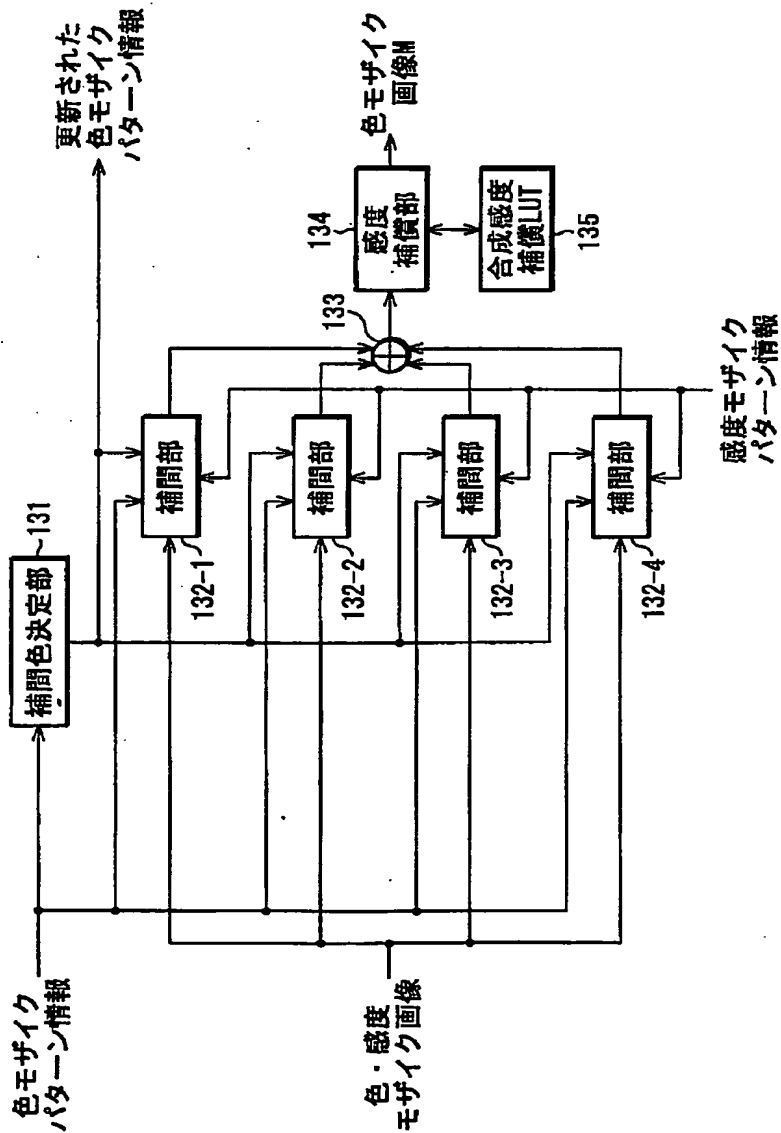


WO 02/056603

PCT/JP02/00035

52/90

図67

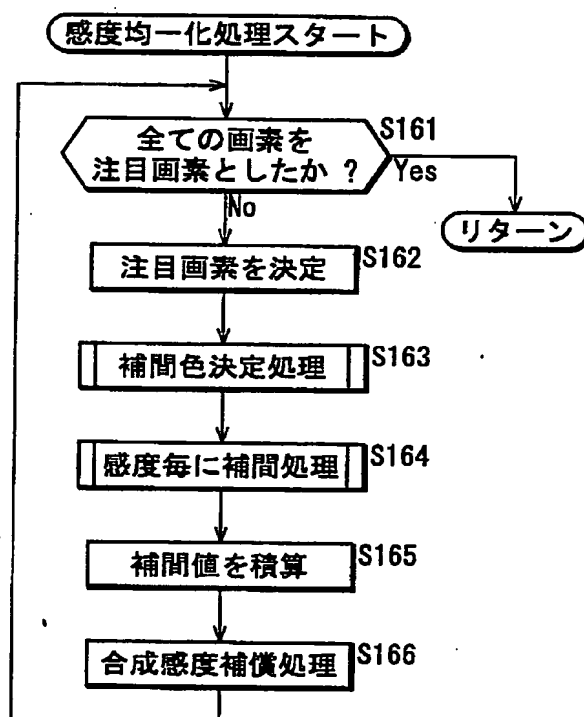


WO 02/056603

PCT/JP02/00035

53/90

図68

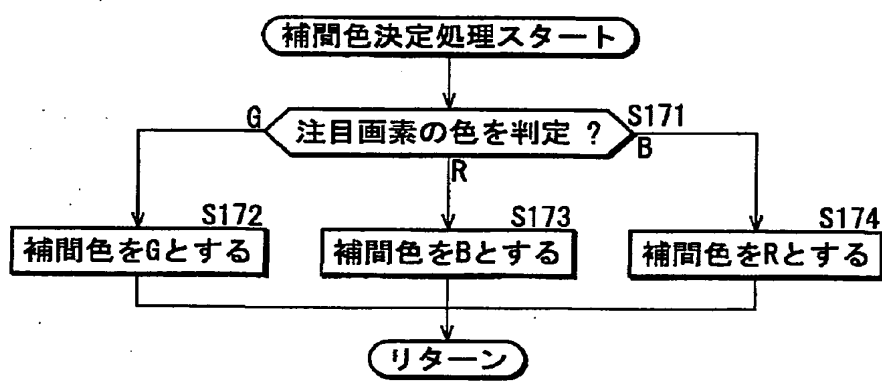


WO 02/056603

PCT/JP02/00035

54/90

図69

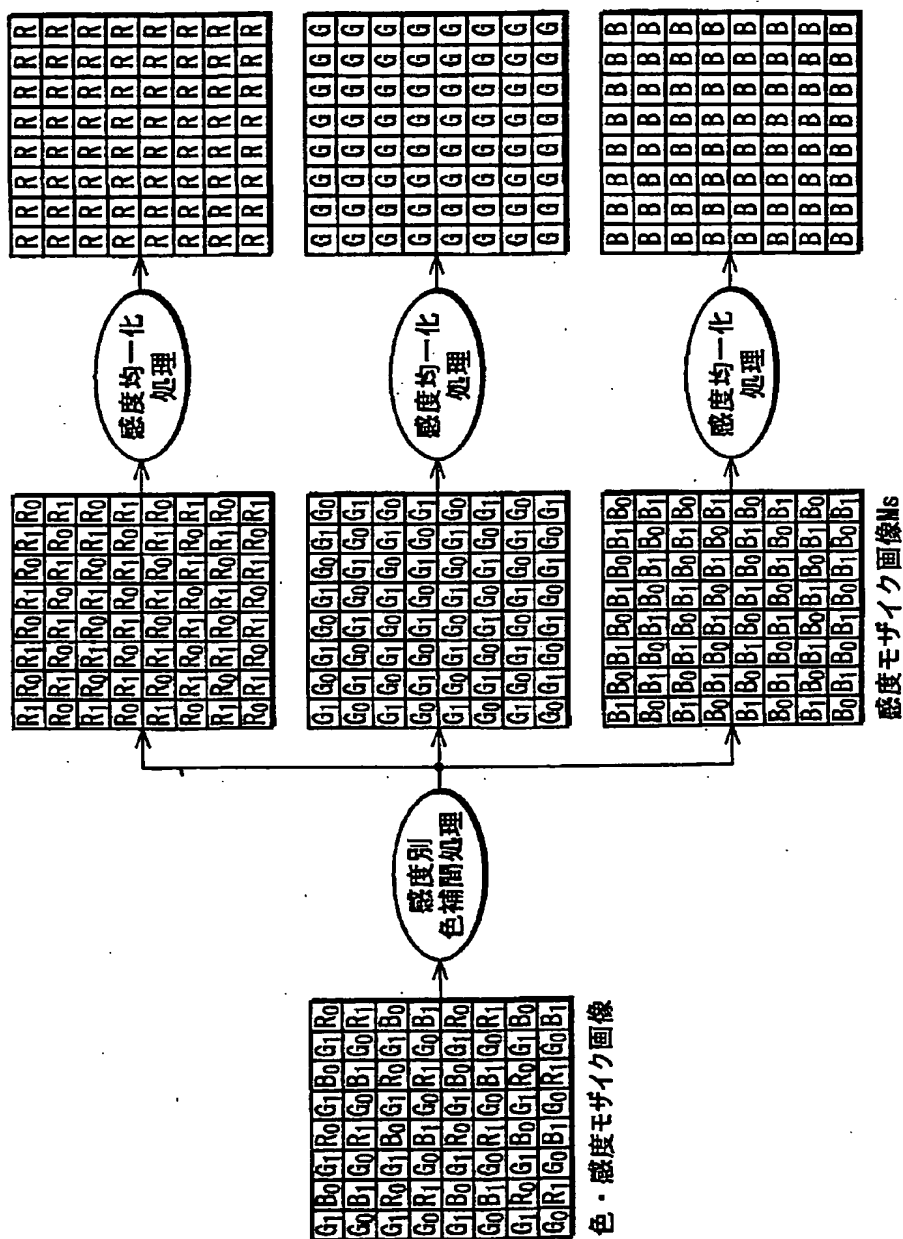


WO 02/056603

PCT/JP02/00035

55/90

図70



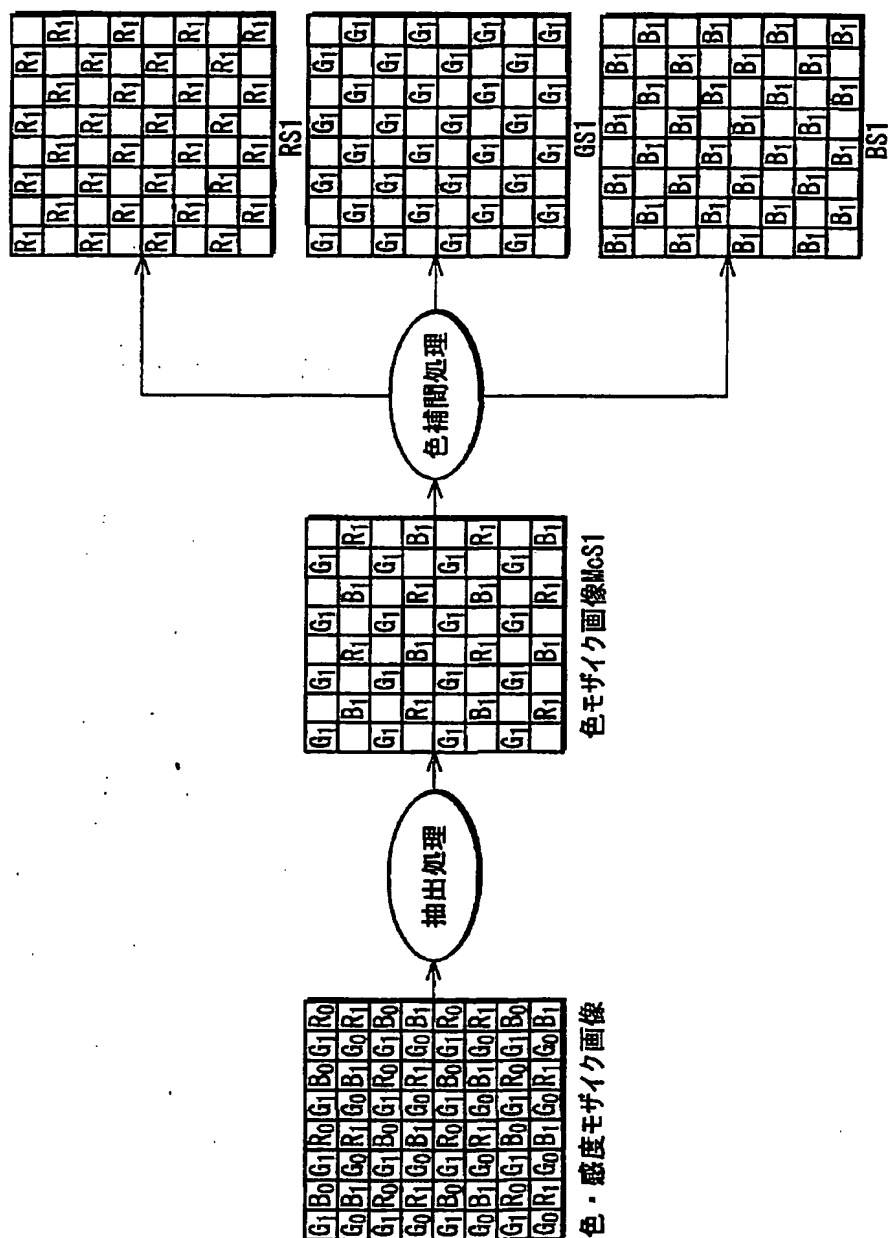


WO 02/056603

PCT/JP02/00035

56/90

図71

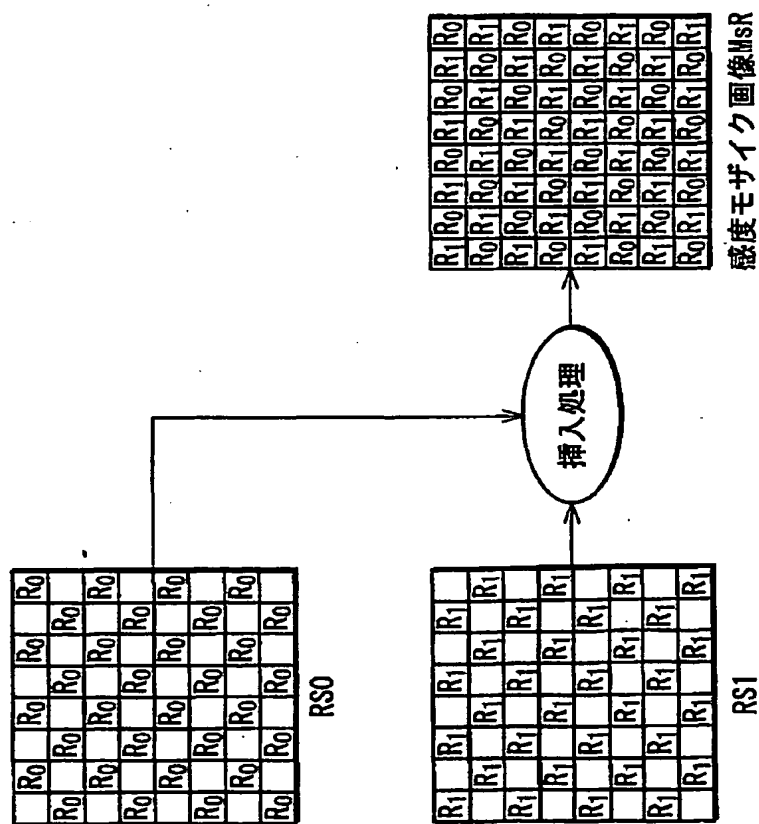


WO 02/056603

PCT/JP02/00035

57/90

図72

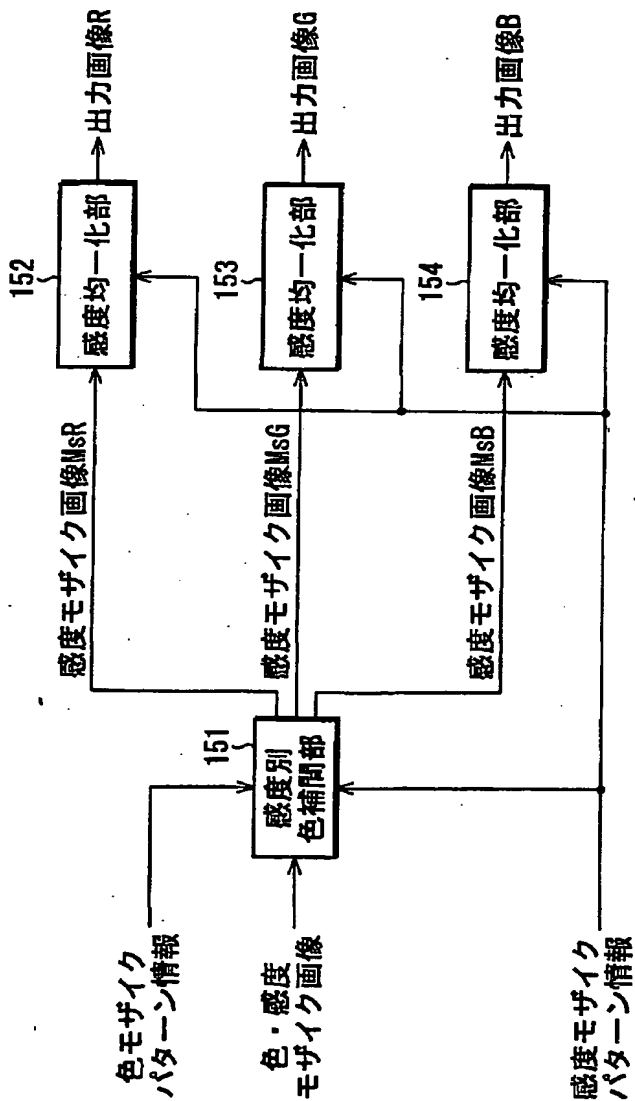


WO 02/056603

PCT/JP02/00035

58/90

図73

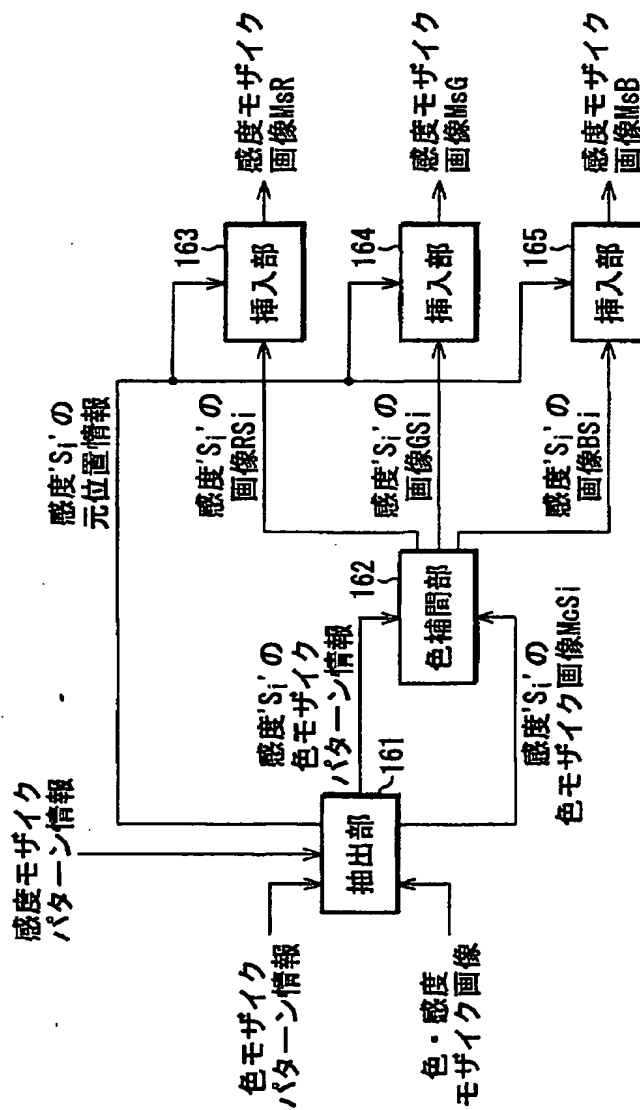


WO 02/056603

PCT/JP02/00035

59/90

図74



WO 02/056603

PCT/JP02/00035

60/90

図75

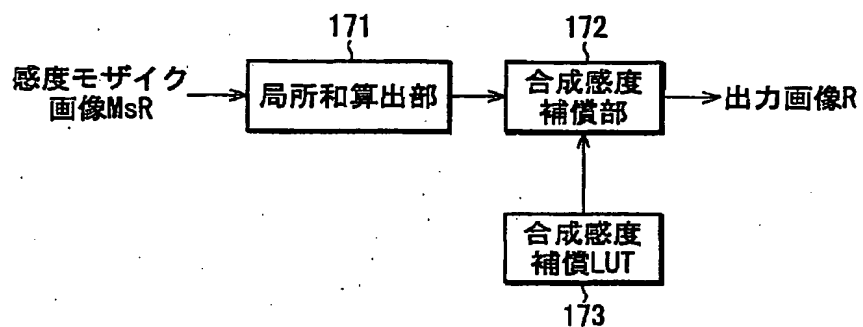
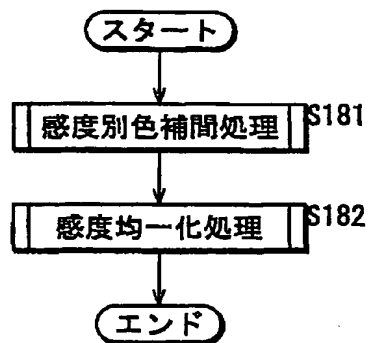


図76

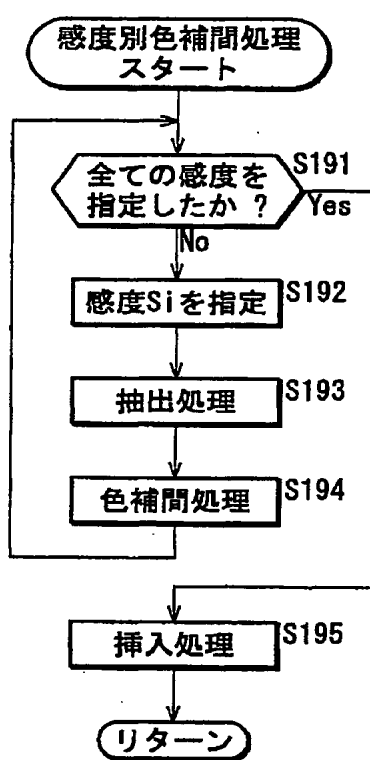


WO 02/056603

PCT/JP02/00035

61/90

図77

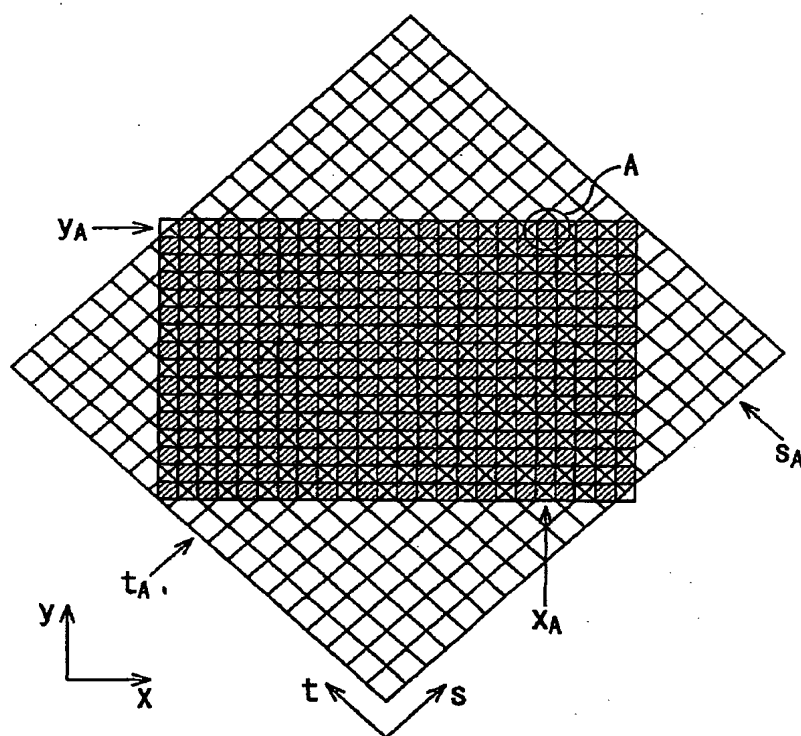


WO 02/056603

PCT/JP02/00035

62/90

図78

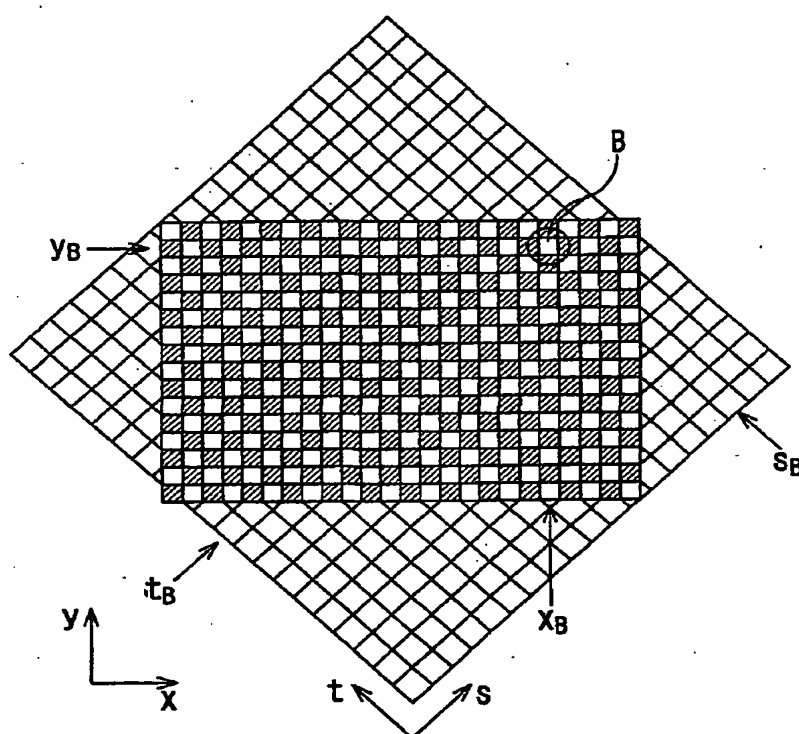


WO 02/056603

PCT/JP02/00035

63/90

図79





WO 02/056603

PCT/JP02/00035

64/90

図80

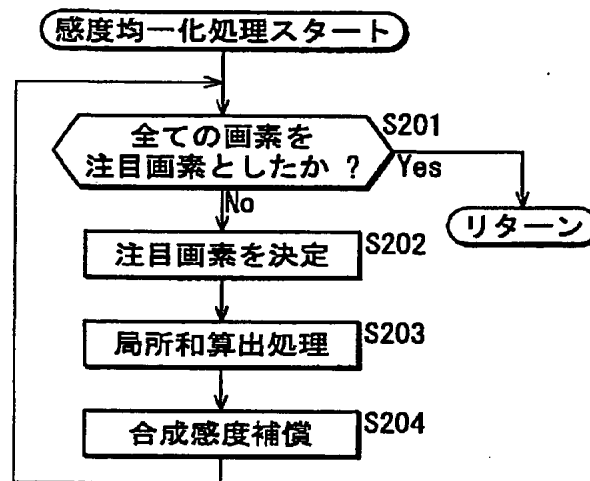


図81

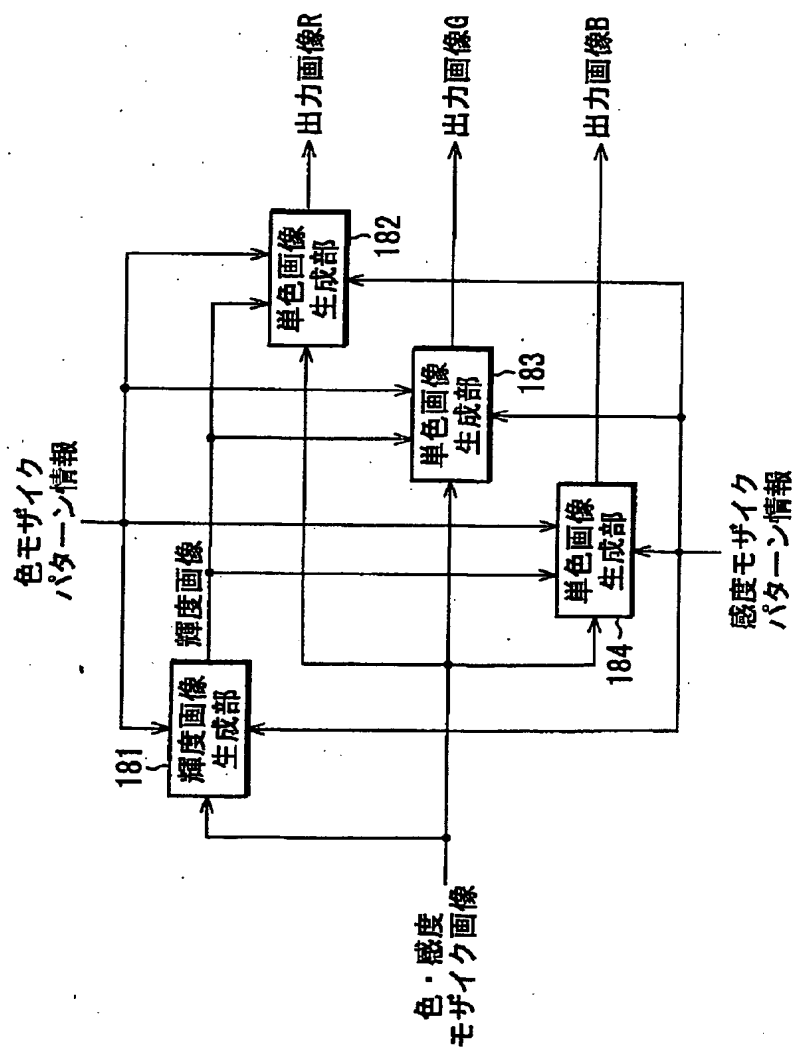
0.043	-0.618	-1.322	-0.618	0.043
-0.618	9.001	19.238	9.001	-0.618
-1.322	19.238	41.12	19.238	-1.322
-0.618	9.001	19.238	9.001	-0.618
0.043	-0.618	-1.322	-0.618	0.043

WO 02/056603

PCT/JP02/00035

65/90

図82

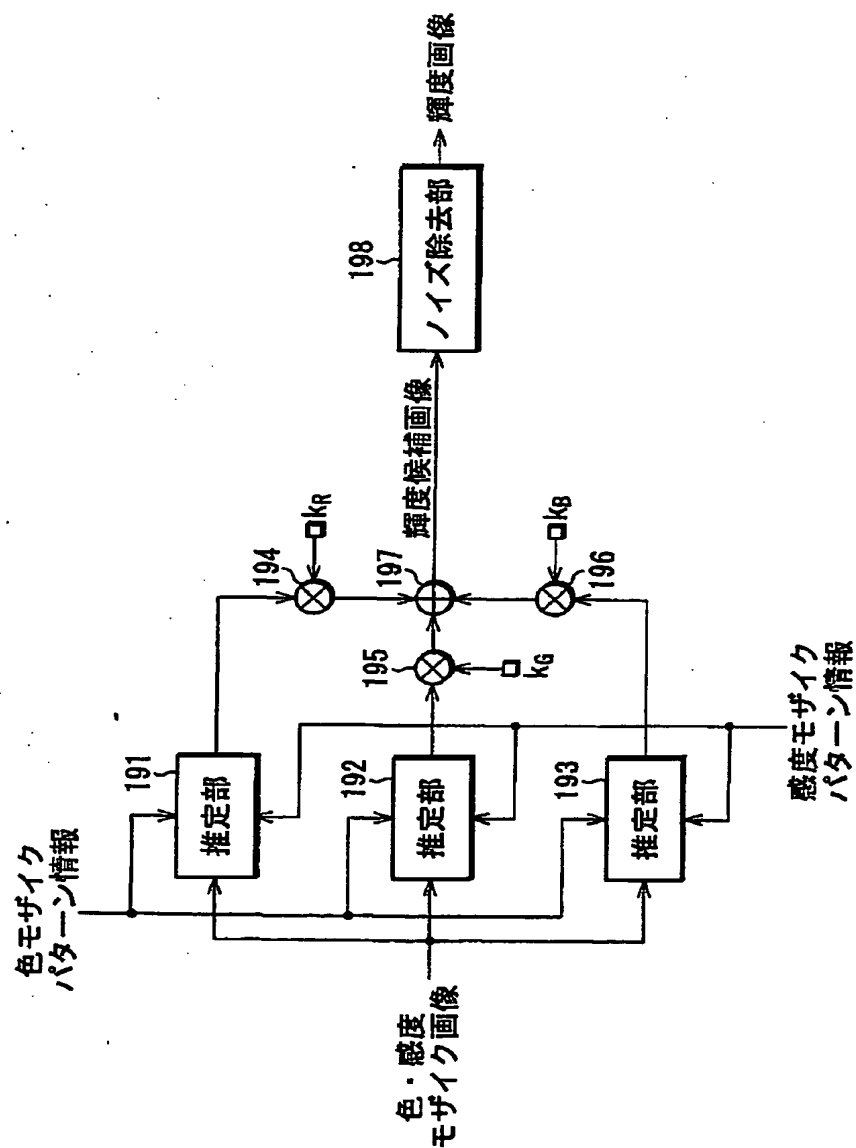


WO 02/056603

PCT/JP02/00035

66/90

図83

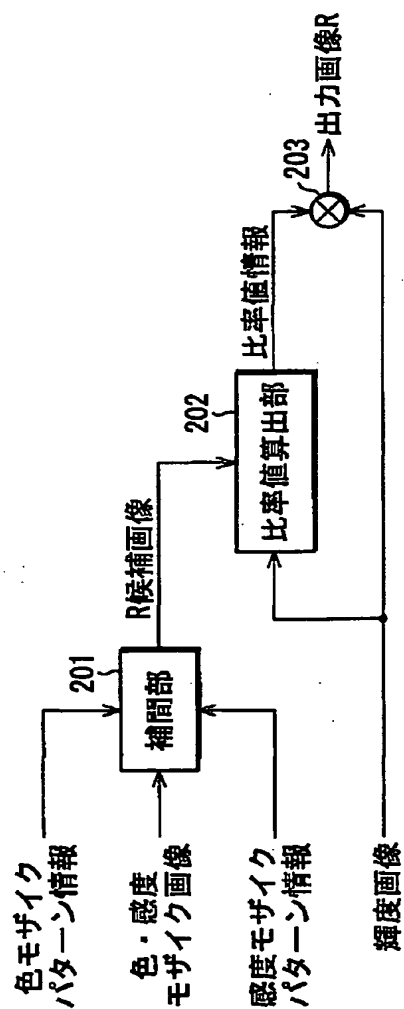


WO 02/056603

PCT/JP02/00035

67/90

図84



WO 02/056603

PCT/JP02/00035

68/90

図85

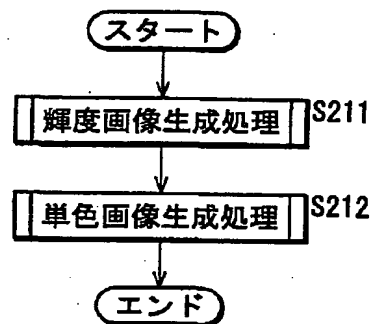
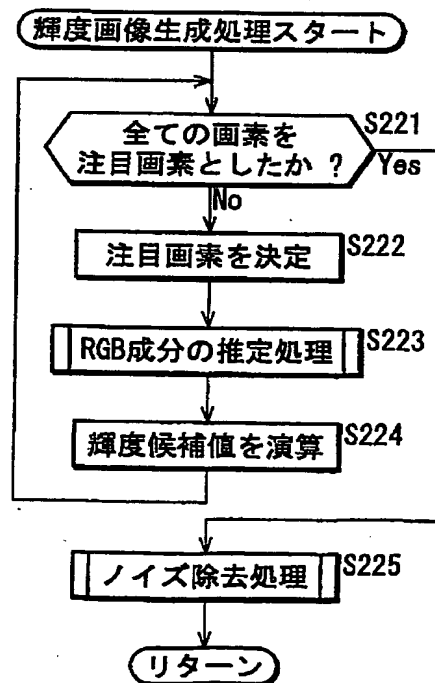


図86

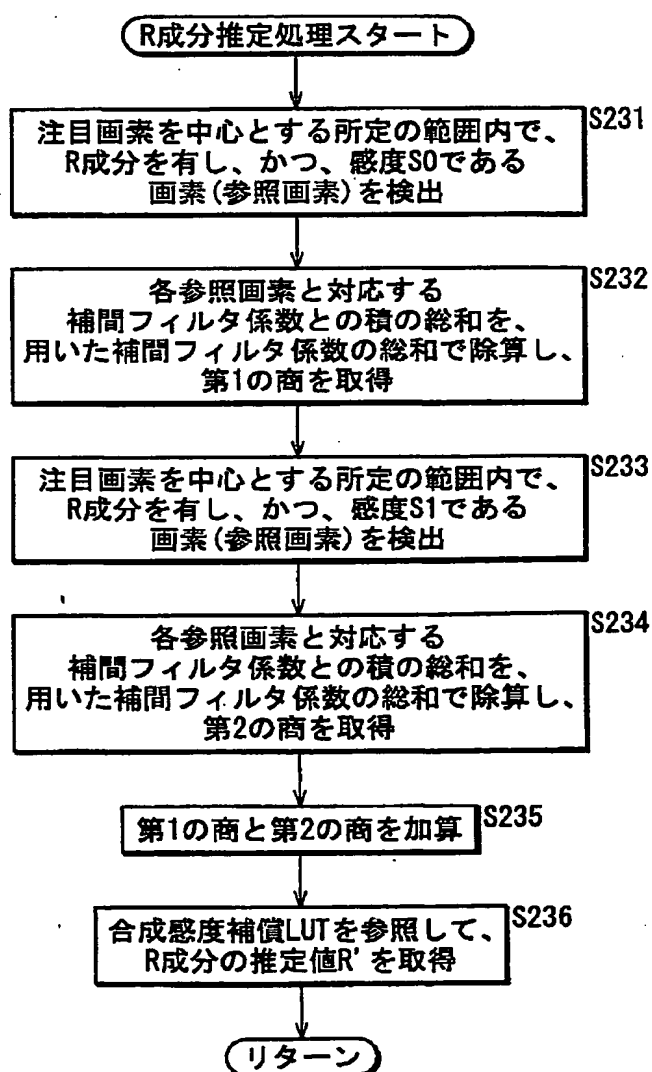


WO 02/056603

PCT/JP02/00035

69/90

図87



**WO 02/056603**

**PCT/JP02/00035**

70/90

[illegible]

WO 02/056603

PCT/JP02/00035

71/90

図89

0.004	0.000	-0.035	-0.063	-0.035	0.000	0.004
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.035	0.000	0.316	0.563	0.316	0.000	-0.035
0.063	0.000	0.563	1.000	0.563	0.000	-0.063
0.035	0.000	0.316	0.563	0.316	0.000	-0.035
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.004	0.000	-0.035	-0.063	-0.035	0.000	0.004



WO 02/056603

PCT/JP02/00035

72/90

図90

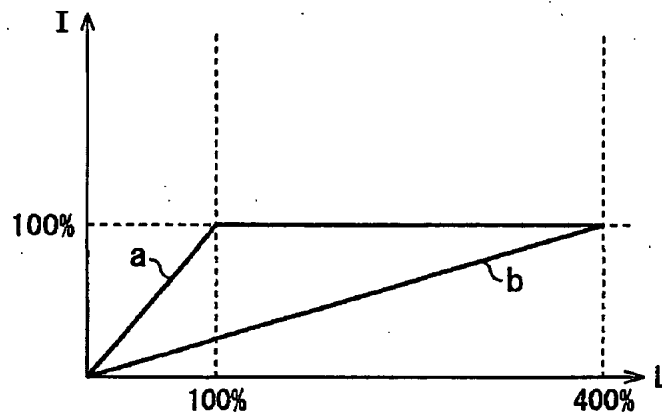
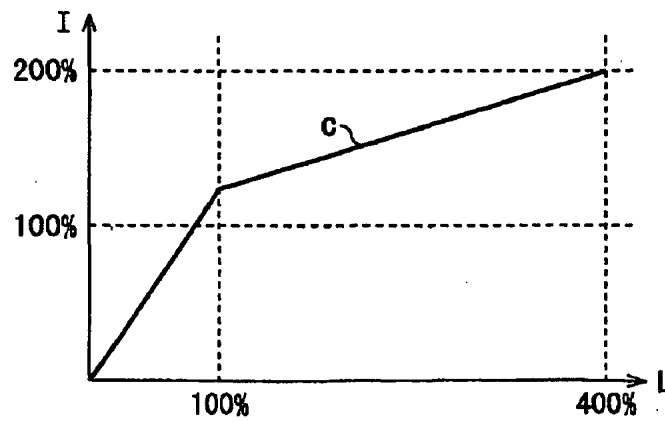


図91

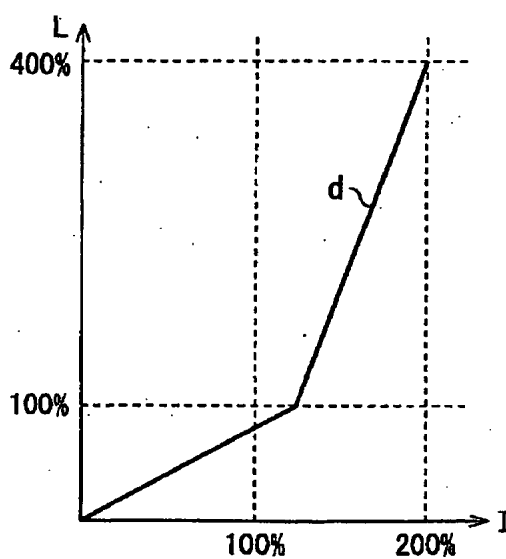


WO 02/056603

PCT/JP02/00035

73/90

図92

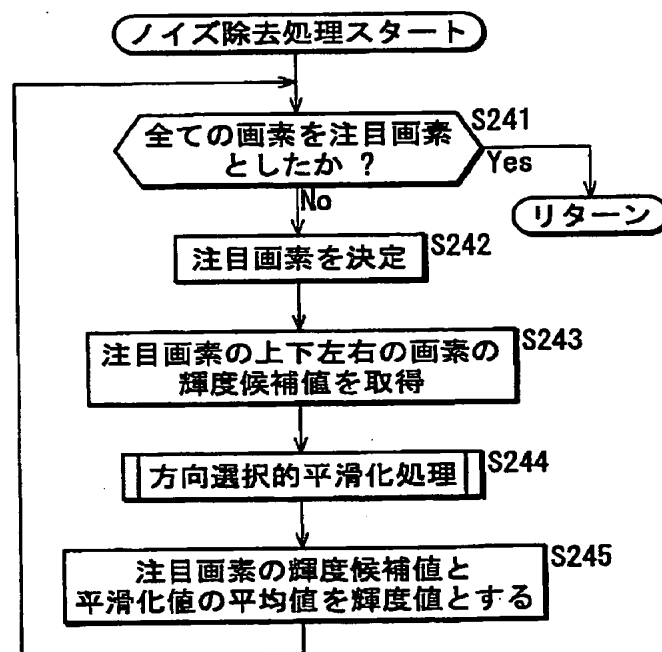


WO 02/056603

PCT/JP02/00035

74/90

図93

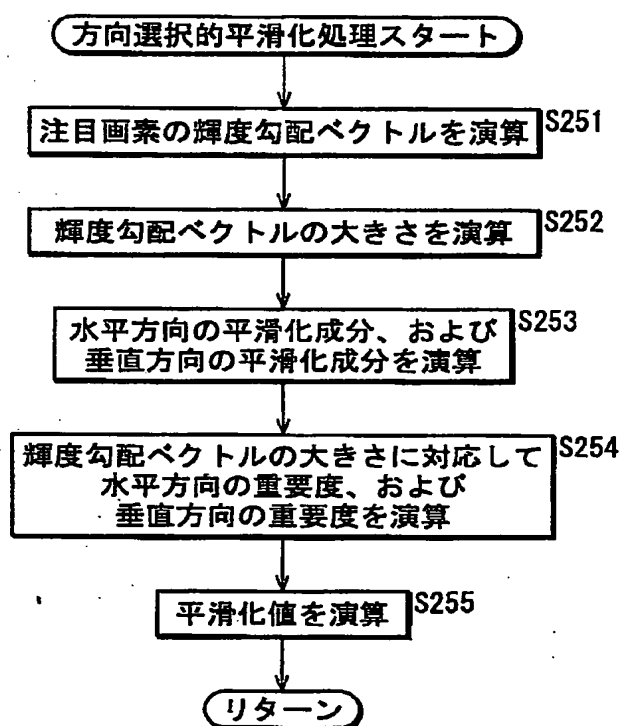


WO 02/056603

PCT/JP02/00035

75/90

図94

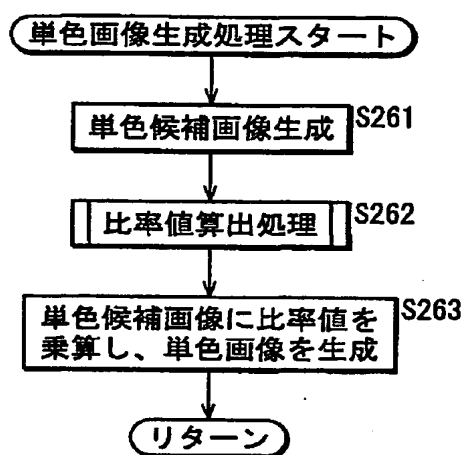


WO 02/056603

PCT/JP02/00035

76/90

図95

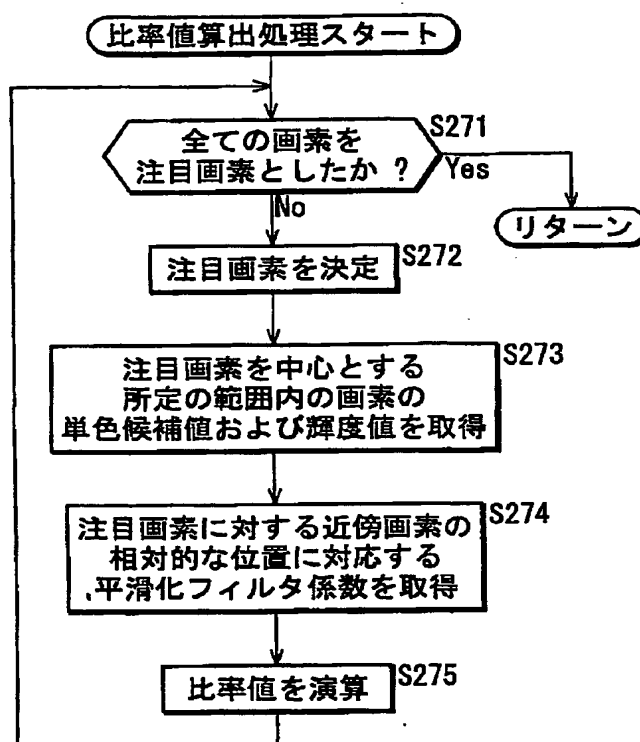


WO 02/056603

PCT/JP02/00035

77/90

図96



WO 02/056603

PCT/JP02/00035

78/90

図97

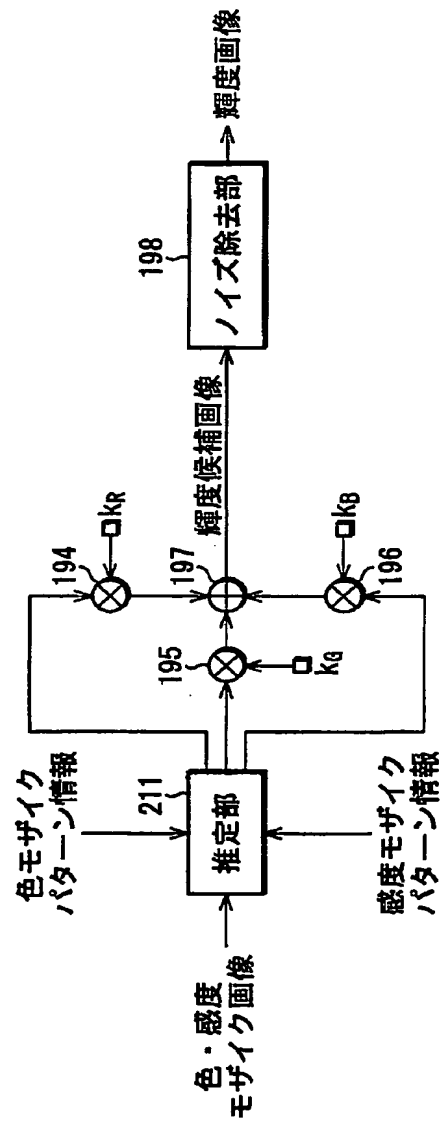
0.000	0.003	0.010	0.014	0.010	0.003	0.000
0.003	0.028	0.080	0.111	0.080	0.028	0.003
0.010	0.080	0.230	0.319	0.230	0.080	0.010
0.014	0.111	0.319	0.444	0.319	0.111	0.014
0.010	0.080	0.230	0.319	0.230	0.080	0.010
0.003	0.028	0.080	0.111	0.080	0.028	0.003
0.000	0.003	0.010	0.014	0.010	0.003	0.000

WO 02/056603

PCT/JP02/00035

79/90

図98



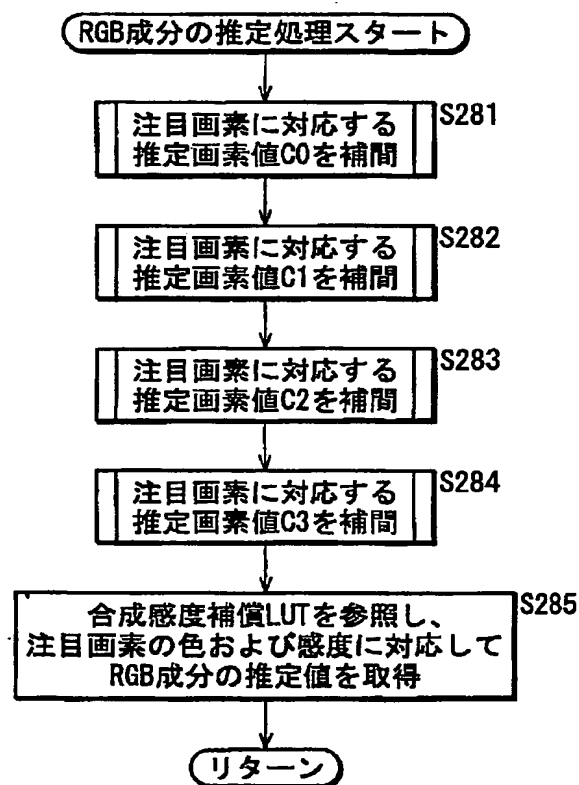


WO 02/056603

PCT/JP02/00035

80/90

図99



WO 02/056603

PCT/JP02/00035

81/90

図100

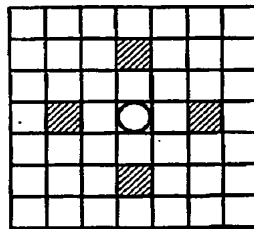


図101

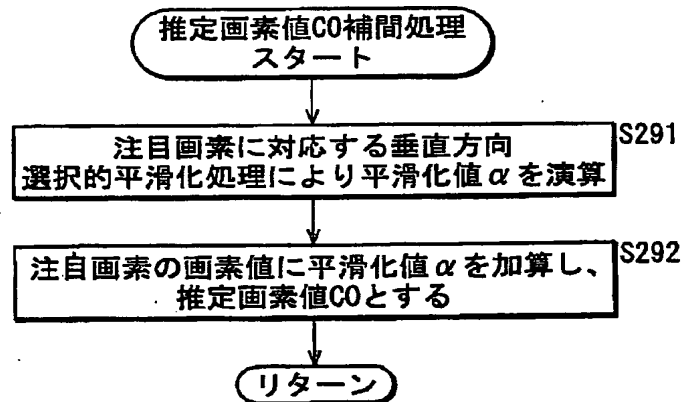
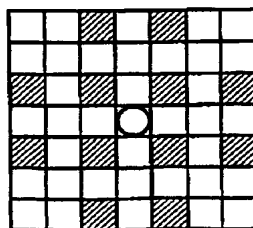


図102

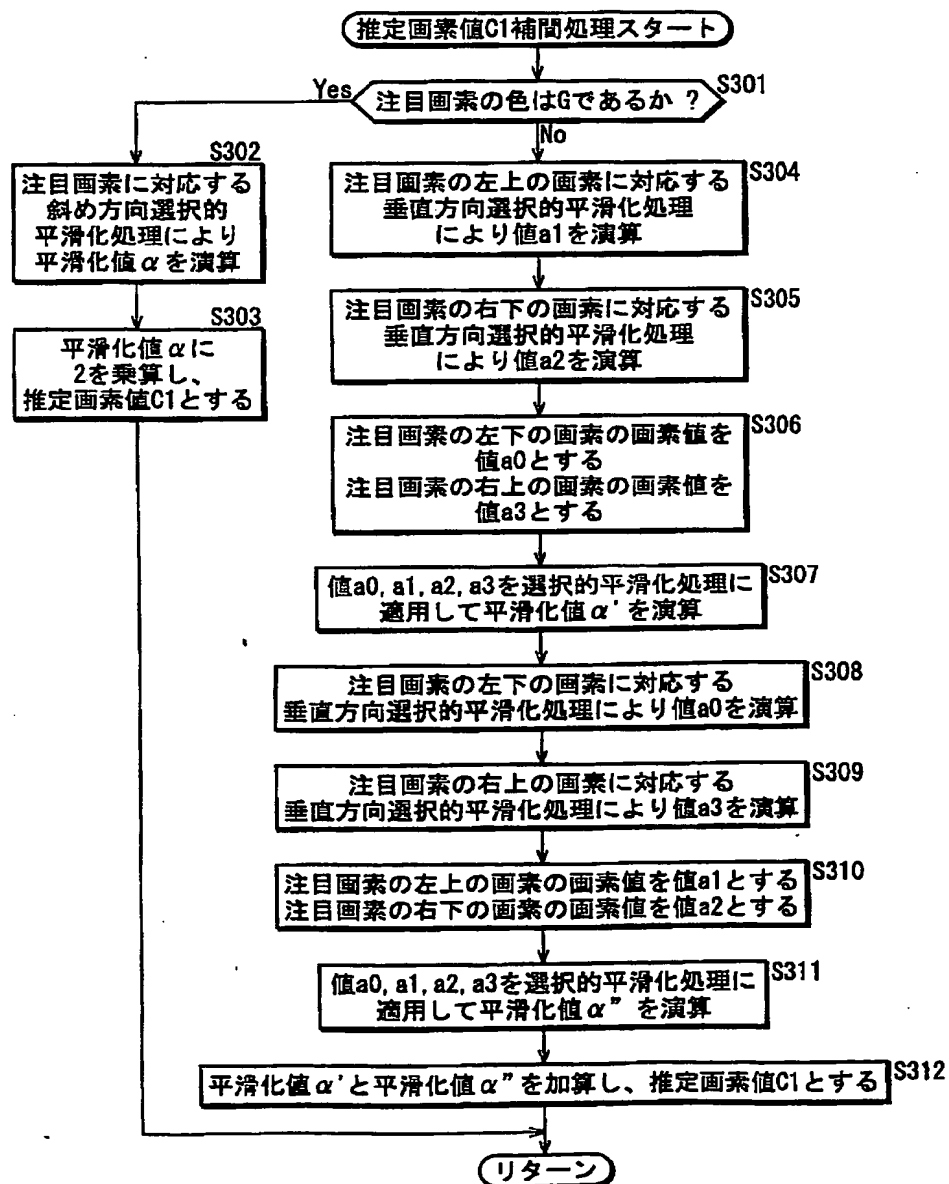


WO 02/056603

PCT/JP02/00035

82/90

図103



WO 02/056603

PCT/JP02/00035

83/90

図104A

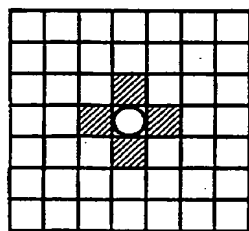
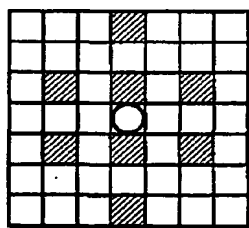


図104B

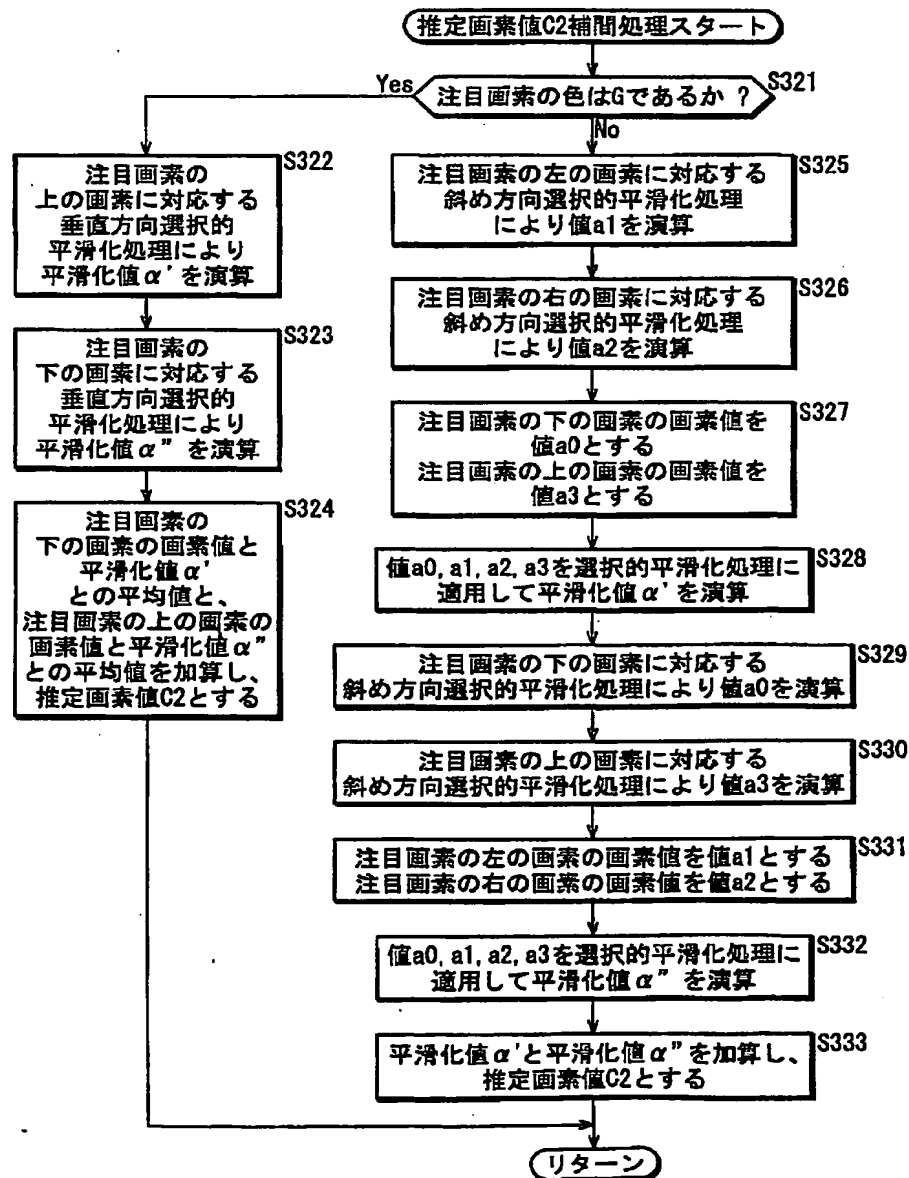


WO 02/056603

PCT/JP02/00035

84/90

図105

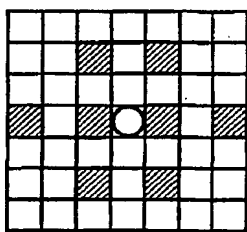


WO 02/056603

PCT/JP02/00035

85/90

図106

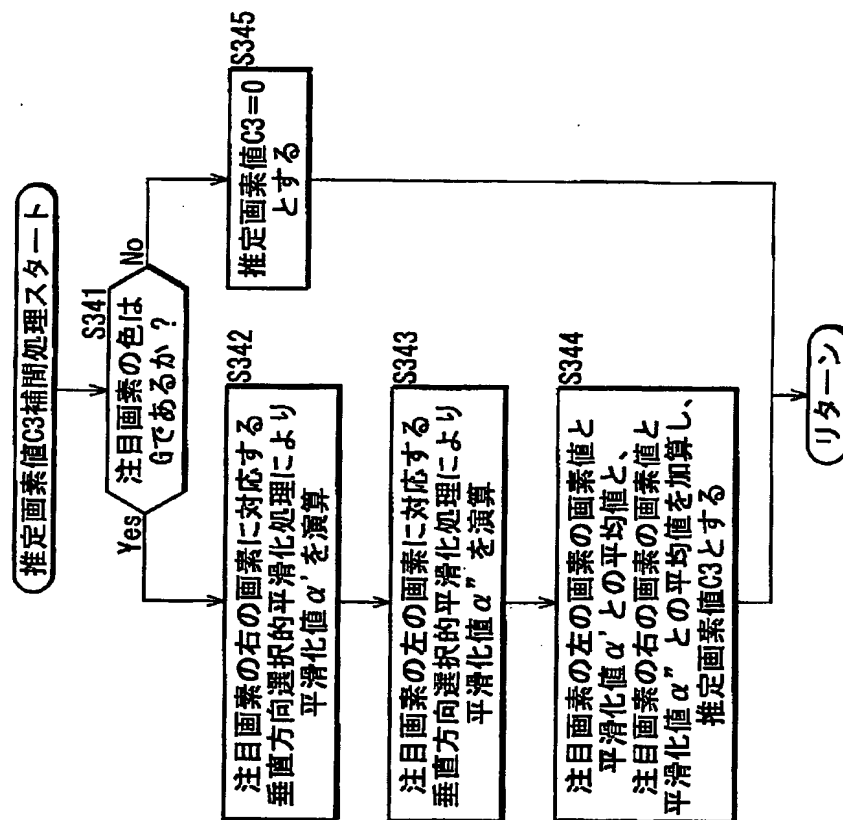


WO 02/056603

PCT/JP02/00035

86/90

図107

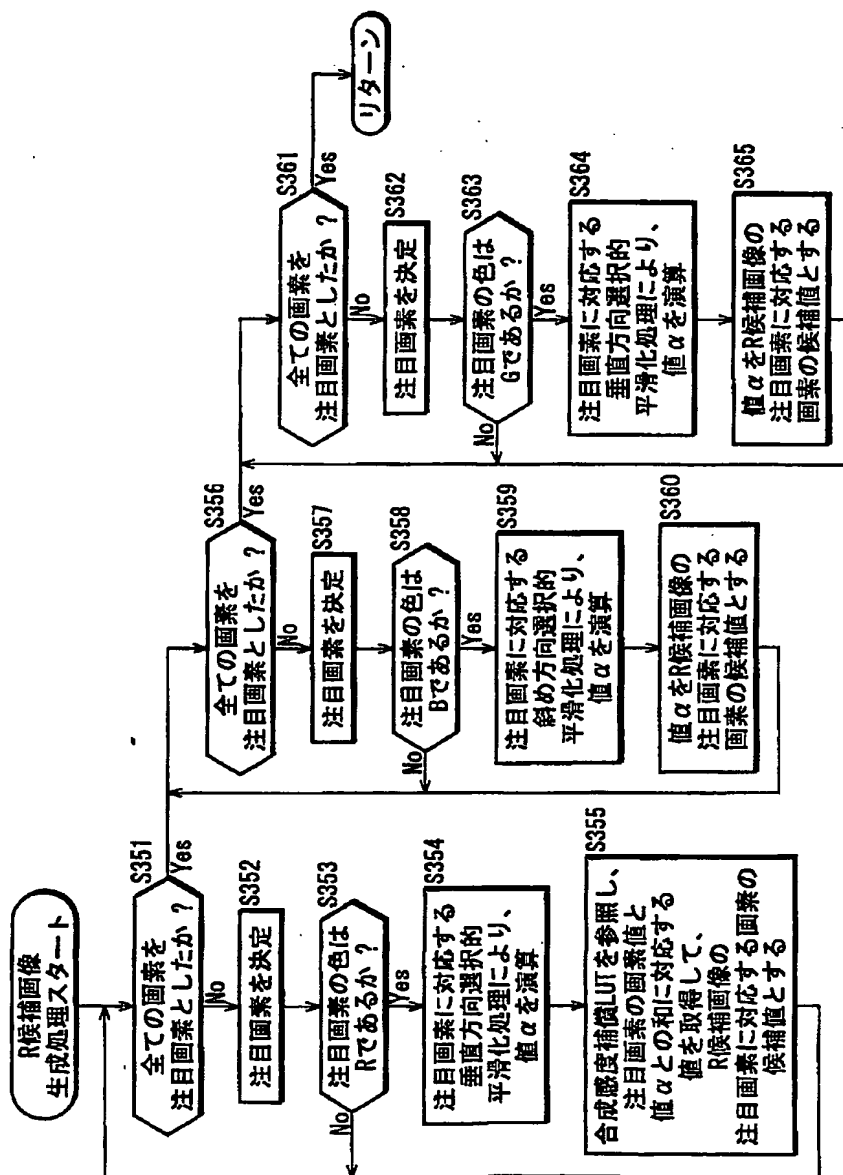


WO 02/056603

PCT/JP02/00035

87/90

図108



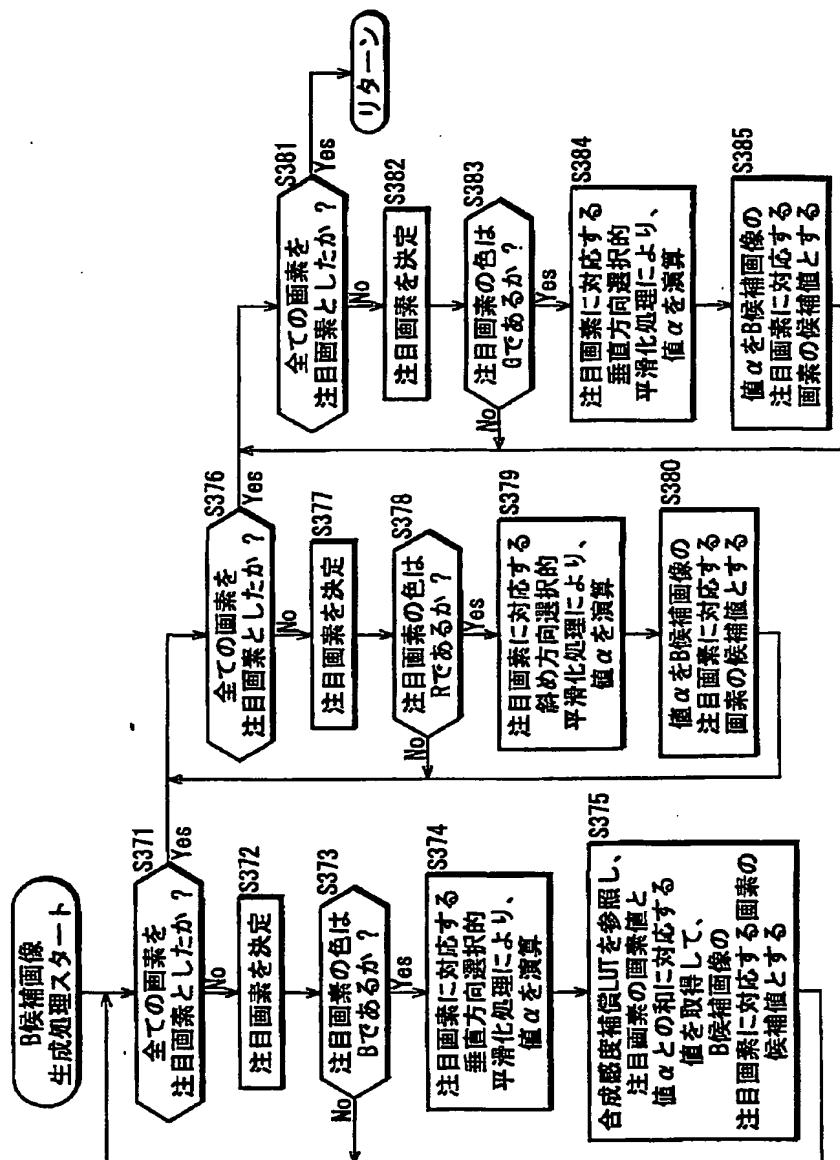


WO 02/056603

PCT/JP02/00035

88/90

図109

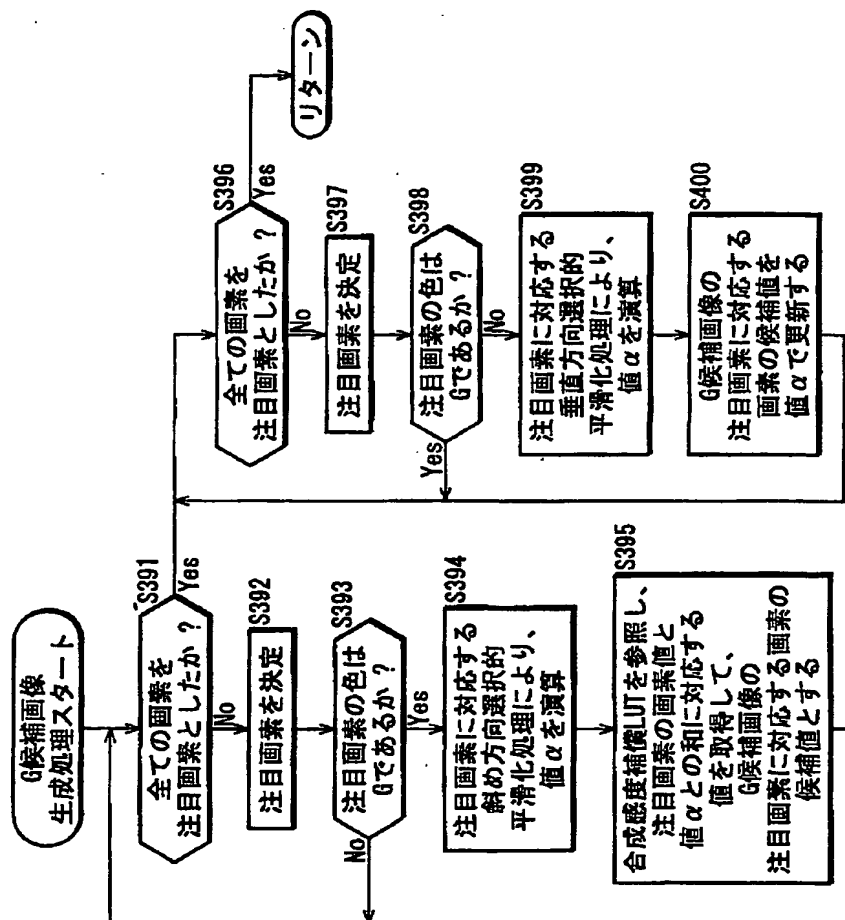


WO 02/056603

PCT/JP02/00035

89/90

図110

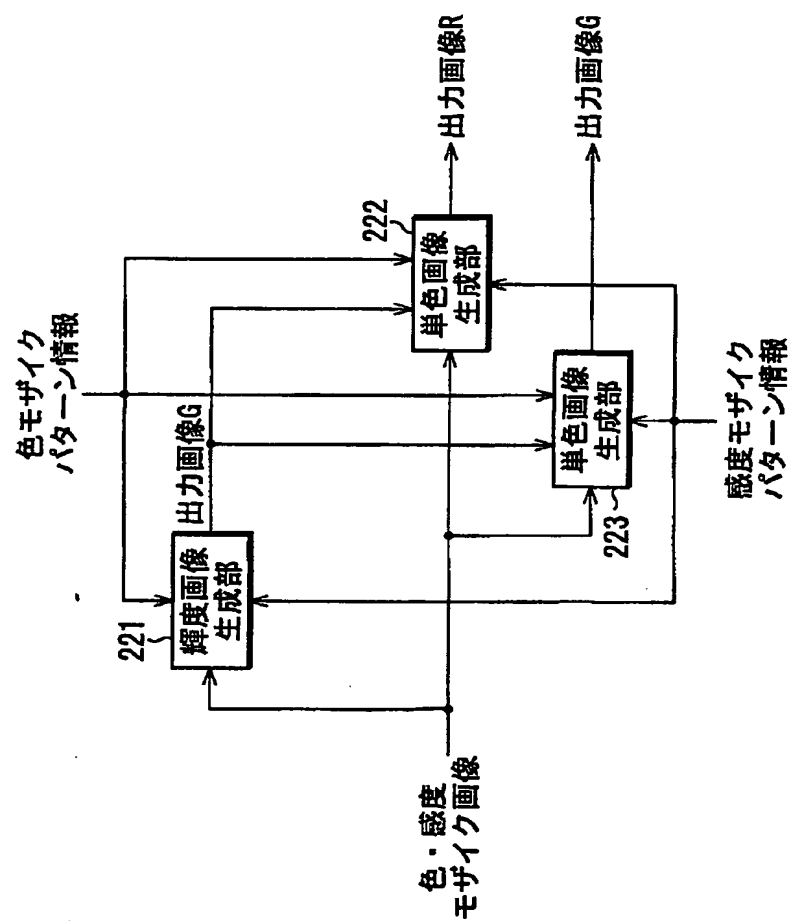


WO 02/056603

PCT/JP02/00035

90/90

図111



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP02/00035

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl<sup>7</sup> H04N9/07

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>7</sup> H04N9/04-9/11, 5/335

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2002

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2002 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2002

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 5-64083 A (Fuji Photo Film Co., Ltd., Fujifilm Microdevices Co., Ltd.), 12 March, 1993 (12.03.93), Full text; all drawings & JP 5-64075 A & US 5420635 A1	1-12
X	JP 10-294949 A (Sony Corp.), 04 November, 1998 (04.11.98), Full text; all drawings (Family: none)	1-12
X	JP 2000-69491 A (Nikon Corp.), 03 March, 2000 (03.03.00), Full text; all drawings (Family: none)	1-3, 7-9

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"I" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"A" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search  
08 April, 2002 (08.04.02)Date of mailing of the international search report  
30 April, 2002 (30.04.02)Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1998)

国際調査報告		国際出願番号 PCT/JPO2/00035
A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))		
Int. Cl' H04N 9/07		
B. 調査を行った分野		
調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))		
Int. Cl' H04N 9/04-9/11, 5/335		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの		
日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2002年 日本国登録実用新案公報 1994-2002年 日本国実用新案登録公報 1996-2002年		
国際調査で使った電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	JP 5-64083 A (富士写真フイルム株式会社, 富士フイルムマイクロデバイス株式会社) 1993. 03. 12, 全文, 全図 & JP 5-64075 A & US 5420635 A1	1-12  1-12
X	JP 10-294949 A (ソニー株式会社) 1998. 11. 04, 全文, 全図 (ファミリーなし)	
X	JP 2000-69491 A (株式会社ニコン) 2000. 03. 03, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-3, 7-9
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日後に公表されたもの 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日 08. 04. 02		国際調査報告の発送日 30.04.02
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/JP) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		特許庁審査官 (権限のある職員) 井上 健一 電話番号 03-3581-1101 内線 3502

様式PCT/ISA/210 (第2ページ) (1998年7月)

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**